第 45 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会
「ラグビーワールドカップ 2019　勝利の方程式：～選手，トレーナー，ドクターの立場から～」

緒　　言

黒田　良祐[1)]　Ryosuke Kuroda　　田中　康仁[2)]　Yasuhito Tanaka

●Key words
スポーツ医学，医療サポート，コンディショニング
Sports medicine：Medical support：Conditioning

2019 年にラグビーワールドカップが初めて日本で開催された．ラグビーを知っていても，知らなくても，日本の熱い戦いに感動された方は多いと思う．本大会はアジアで初，いわゆる伝統国以外で開催される初の大会ということで，ラグビー界にとってもこのラグビーという競技が真のグローバルな競技として広く普及するのかという点でも大きな注目を集めた大会となった．日本代表が史上初のベスト 8 に進出し，最高の盛り上がりをみせた．「4 年に一度じゃない，一生に一度だ-Once In A Lifetime-」のキャッチフレーズ通り，これは一生に一度の経験だと本当に感じた方が多くいたことでしょう．この大会が開幕されるわずか 1 ヵ月前の 8 月下旬に大阪市コングレコンベンションセンターにて開催された本学会において「ラグビーワールドカップ 2019 勝利の方程式：～選手，トレーナー，ドクターの立場から～」と題したシンポジウムが開催された．本シンポジウムでは，2015 年のイギリス大会では予選突破できなかった日本が，どう準備し，どのように戦うか，そのためにどのようなメディカル・サポートをしてきたか，また競技者のみならずトーナメントゲスト，観客，メディア，ボランティアスタッフなどへの医療サービスの提供について，医師 2 名，選手（コーチ）2 名，トレーナー 2 名が一堂に会して議論した．

1．医師の立場から

田島卓也先生は，日本ラグビーフットボール協会メディカル委員の立場から，メディカルスタッフのミッションは「選手がベストパフォーマンスを発揮できるようにサポートする」ことであり，その中には大きく分けて①外傷障害への対応，②コンディション管理，③ドーピングコントロール教育・対応をあげている．ドクター，アスレティックトレーナー，ストレングス・コンディショニングコーチはおのおのの立場のスペシャリストであり，連携しながらベストのメディカルサポートを行なうことが重要と述べた．

高澤祐治先生は，世界が注目するメガ国際大会のホスト国として提供する医療サービスについて口演した．医療体制を①競技区域内，②観客対応，③チームキャンプ地に分けて概説し，医療サービスがグローバルスタンダードに沿った対応をすることが求められると述べた．

2．選手・コーチの立場から

箕内拓郎コーチは競技引退後，ラグビーチームのコーチとして関わっている．選手として，コーチとしてメディカルチームとの関わり方について口演した．2000 年以降に行なわれたルール改正により選手には精神的・肉体的により負荷がかかるようになり，それに比例して怪我のリスクも高まっており，メディカルチームとの良い連携がより良いパフォーマンスを生むことを強調した．

大野均選手は無名の大学時代から，37 歳で日本代表として南アフリカを破るまでのラグビー人生におけるハードワークとメンタルの重要性について口演した．国際試合 95 試合出場は当時の歴代最多出場数で，その 95 試合目があの歴史的勝利を収めた南アフリカ戦であった．一線で活躍した現役選手からの発言は，どれをとってもわれわれメディカルスタッフにとって心に響く極めて貴重なものであった．

黒田良祐
〒 650-0017　神戸市中央区楠町 7-5-1
神戸大学大学院整形外科
TEL 078-382-5985

1）神戸大学大学院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kobe University Graduate School of Medicine
2）奈良県立医科大学整形外科
Nara Medical University Orthopaedic Surgery



写真説明　左から石山修盟先生，原賢二先生，箕内拓郎コーチ，黒田良祐（座長），田中康仁（座長），大野均選手，高澤祐治先生，田島卓也先生

3. アスレティックトレーナーの立場から

原賢二先生は，ラグビー日本代表チームが取り組んできたコンディショニングの実際について紹介した．近年の競技スポーツにおいては，技術トレーニングだけでなく日々の体力トレーニングの重要性が高まっていること，パフォーマンス向上には専門的体力と専門的動作に関するトレーニングが必要不可欠であること，勝敗を分ける一つの要素が選手のコンディションであること，などを強調した．

石山修盟先生は，ラグビー日本代表チームにおけるトレーナーの変遷について口演した．日本代表は 1987 年の第 1 回ラグビーワールドカップからアスレティックトレーナーを帯同している．第 4 回から 2 名，第 5 回から 3 名，また第 4 回以降はアスレティックトレーナーに加えてフィットネスコーチ，アナリスト，栄養士，第 8 回以降はメンタルコーチが加わった．競技スポーツにおいてスポーツ医科学のサポートがいかに重要かを述べた．

第 45 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会
「ラグビーワールドカップ 2019　勝利の方程式：～選手，トレーナー，ドクターの立場から～」

選手がベストパフォーマンスを発揮するために —チームドクターの役割の変遷—

The Mission of National Team Doctor for Providing Best Performance of Players

田島　卓也[1, 2, 3] Takuya Tajima　　中村　明彦[1] Akihiko Nakamura
帖佐　悦男[3] Etsuo Chosa

●Key words
チームドクター，ラグビー，メディカルスタッフ

●要旨
日本ラグビーフットボール協会では万全なメディカルサポート体制を構築すべく種々の施策を行なっている．従来，チームメディカルスタッフとしてドクター 1 名，アスレティックトレーナー 2～3 名体制で選手のみならずチームスタッフも含めて日本選手団全員の健康管理を行なっている．チームメディカルスタッフの役割・ミッションとしては「選手がベストパフォーマンスを発揮できるようにサポート」することであり，①外傷障害への対応②コンディション管理③ドーピングコントロール教育・対応があげられる．そのミッションを遂行するためには，整形外科以外の知識・対応，コミュニケーション・連携，などが重要となる．

はじめに

2019 年 9 月 20 日に第 9 回ラグビーワールドカップ（以下 RWC）がアジア初開催として日本で開幕した．大会は台風の影響で 3 試合が中止となり全 45 試合となったが総観客数 1,704,443 名（1 試合平均 37,877 名），チケット販売率 99.3％と驚異的な成功を収めた[1]．本大会に出場した日本代表チームも史上初のベスト 8 進出を成し遂げ，全国的な盛り上がりを見せた．

世界のラグビー統括団体である World Rugby（以下 WR）は Player Welfare の精神の下に Player の安全面に配慮したサポートを推進している．ラグビー日本代表チームをサポートすべく日本ラグビーフットボール協会（以下 JRFU）では JRFU メディカル委員会を中心にチームドクター帯同を含め種々の方策を構築している．今回は RWC でベストパフォーマンスを発揮させるために従来行なっていたメディカルサポート体制および現在の体制やその変遷について実例を交えて報告する．

チームドクターの役割

1．ミッションとアドバイザリーボードの設置

ナショナルチームに限らずチームドクターのミッションは選手がベストパフォーマンスを発揮できるようにメディカルサポートを行なうことである．そのためには①外傷障害の対応と管理②コンディション管理③ドーピングコントロールへの対応と管理，があげられる．筆者が

田島卓也
〒 889-1692　宮崎市清武町木原 5200
宮崎大学医学部感覚運動医学講座整形外科学分野
TEL 0985-85-0986/FAX 0985-84-2931
E-mail kingt2@hotmail.com
ttajima@med.miyazaki-u.ac.jp

1）日本ラグビーフットボール協会メディカル委員会
Medical Committee of Japan Rugby Football Union
2）日本ラグビーフットボール協会強化委員会
High Performance Committee of Japan Rugby Football Union
3）宮崎大学医学部感覚運動医学講座整形外科学分野
Division of Orthopaedic Surgery, Department of Sensory and Motor Organs, Faculty of Medicine, University of Miyazaki

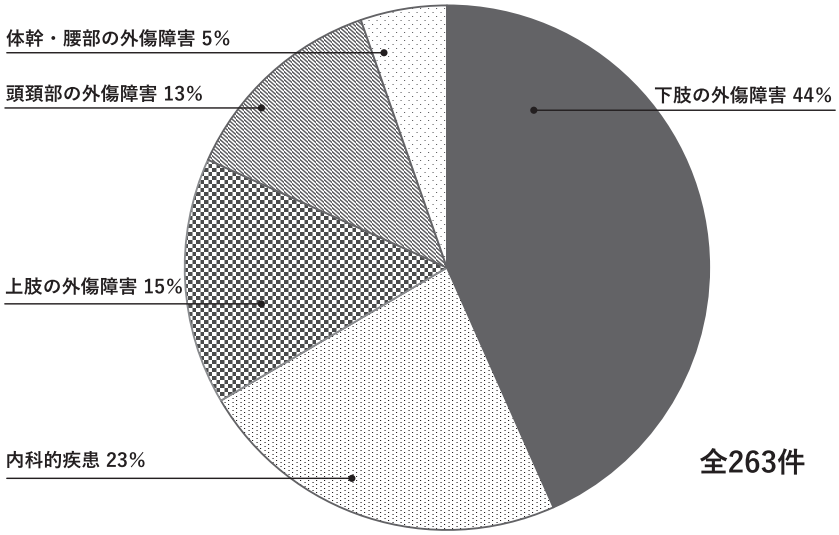


図 1　第 6 回 RWC 時の受診数
整形外科関連の外傷・障害以外が 23% を占めている.

男子 15 人制ラグビー日本代表のチームドクターを拝命していた 2004〜2007 年よりそのミッション自体は普遍である．第 6 回ラグビーワールドカップ（2007）当時の事前キャンプおよび大会期間中の外傷障害・疾病は全 263 件であった[2]．内訳では内科的疾患が 23% を占めていた（図 1）．帯同 1 名体制のチームドクターは整形外科医であることが多く，運動器の外傷障害の管理には長けているが専門とする診療科以外の対応に難渋することもある．われわれは 2013 年に JRFU 強化委員会メディカルディレクター制が導入されたのを受け，幅広い診療科のサポートを受けることができるシステムを構築した．専門診療科以外の対応の際にいつでも相談・指示を受けることができるように JRFU メディカル委員会のメンバーを中心に内科，脳神経外科，歯科口腔外科および婦人科の専門医にアドバイザリーボードとして参画してもらい海外遠征中でもメールを中心に相談できるシステムを構築し運用している．本システムにより幅広い疾患に対するサポートが可能となった.

2. メディカルチーム構成の変遷

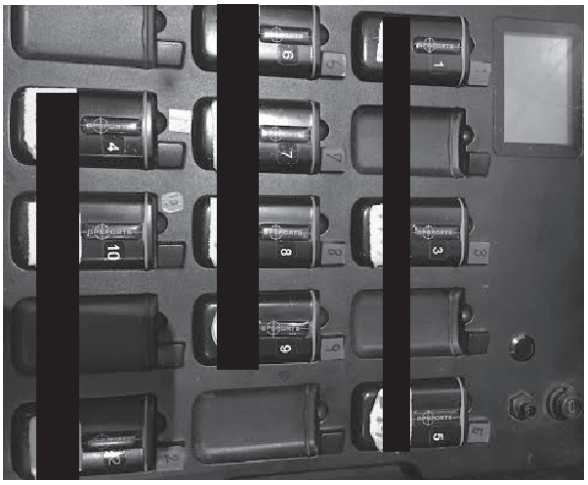
メディカルスタッフのミッションとして，以前は発生した外傷障害に対する正確で迅速な対応が主な業務であった．一方，近年では予防医学の観点より外傷や障害が発生する前に未然に防ぐことの重要性が高まり，チームドクターの重要な業務の一つになってきている．しかしながら以前は限られたスタッフ数で外傷障害の管理，コンディショニング，さらにはメンタルケアも含め包括的に対応しなくてはいけない状況であった．また，ストレングス＆コンディショニングコーチの存在や役割もコーチ兼任などの状況もあり明確ではない時期もあった．さらに近年では運動科学分野の進歩や種々の測定機器が発達したのを背景に選手のパフォーマンスに関する情報量が飛躍的に膨大になってきている．日本代表チームにおいても Global Positioning System（GPS）やドローンなどの機器を導入し，走行距離なども含め選手の情報を有効利用している（図 2）．一方，膨大な情報を解析し，疲労と練習強度さらには外傷発生率との関連も含め専門のスタッフが必要であり，チームドクターが担う業務としては負担になることも多い．これらの背景より，第 9 回 RWC（2019）においてはおのおのの専門領域のスペシャリストも参画しメディカルに関与するスタッフも増加している（表 1）．また，各キャンプ地ではこれらのスタッフに加え，現地のアスレティックトレーナーやマッサーを期間雇用し，選手全員にマッサージやコンディショニング調整などを行なっている．従来は少人数で包括的に対応し疲弊していた状況であったが，メディカルに関与する各スペシャリストが多く参入することでチームドクターに対する専門領域以外の負担は軽減している．チームドクターが外傷障害発生時の正確で迅速な診断と復帰までのプランニングに集中できる環境になったことは大きい．スタッフ数が多くなることで意見の相違なども生じる可能性も危惧されるが，スペシャリストがおのおの与えられた範囲で専門的に対応することと同時に，メディカルチームとして十分に横断的に各スタッフが連携しなければならない.

メディカルキット：診断機器

キャンプやツアーに持参するメディカルキットは JRFU メディカル委員会および代表チームメディカルディレクターが基本セットについて策定している．薬剤や機器の量や内容についてはチームドクターからの要望も取り入れて適宜調整している．海外ツアー先の状況によっては薬剤の変更や量の追加などもその都度行なっている．なお，ドーピングコントロールには十分に配慮し，no needle policy についても推奨している.



A



B

Session	Drill	Athlete	Duration	Distance	m/min	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Max Speed	Avg Speed	Sprint Count
20160109PM【LIVE GPS】	KUZIRA&contact	[redacted]	95	8248	87	2039	3554	730	24	0	0	19	12	1
			95	5241	55	664	1769	779	32	0	0	21	13	2
			95	7925	83	1731	3928	556	33	0	0	20	12	3
			95	6435	68	2616	2264	212	0	0	0	17	11	0
			95	6537	69	2678	1825	400	0	0	0	17	11	0
			95	7988	84	2728	3704	207	0	0	0	17	11	0
			95	8290	87	1145	3840	1700	14	0	0	20	13	0
			95	8005	84	813	3505	1761	162	0	0	21	13	5
			95	8345	88	1287	3697	1326	52	0	0	20	13	2
			95	8095	85	2108	4329	192	0	0	0	18	12	0
		AVERAGE	95	7511	79	1781	3242	786	32	0	0	19	12	1
Session	Drill	[redacted]	Duration	Distance	m/min	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Max Speed	Avg Speed	Sprint Count
20160109PM	KUZIRA&contact		95	7926	83	3130	2988	83	16	0	0	21	10	1
			95	7561	80	1497	2978	1978	55	0	0	21	12	3
			95	7800	82	2399	3226	372	46	9	0	24	11	2
			95	7763	82	2526	2895	293	64	16	0	24	11	6
		AVERAGE	95	7763	82	2388	3022	682	45	6	0	23	11	3

C

図２　GPS を用いたコンディション管理
A：選手に装着し走行距離などを把握.
B：毎回全選手用を準備.
C：得られた情報をリストにまとめ把握.

表１　代表チームのメディカル関連スタッフ数

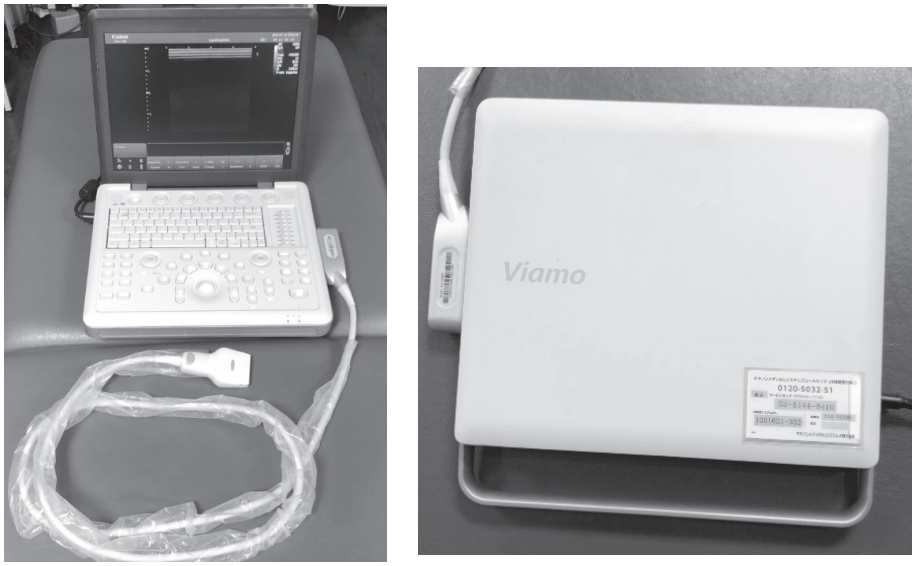
	第 6 回 RWC（2007）	第 9 回 RWC（2019）
チームドクター	1	1
ヘッドトレーナー	1	1
アスレティックトレーナー	2	1
ストレングス＆コンディショニングコーチ	1	2
パフォーマンスコーディネーター	0	1
メンタルコーチ	0	1
合計	5	7

近年はスポーツ現場で簡易に使用できる運動器外傷の診断機器として携帯可能な超音波エコー機器が発達し，その有効性も多く報告されている[3]．JRFU では日本代表チームオフィシャルサポーターであるキヤノンメディカルシステムズ社より携帯型超音波エコー機器を無償提供していただいており，男子 15 人制チームのみならず女子 15 人制，男女 7 人制および Under20（U-20）日本代表チームのキャンプやツアーには常に持参している（図 3）．これにより試合後のロッカールームなどで迅速に骨・筋・筋腱・靱帯・血腫などの評価が可能な恵まれた環境になっている．

電子媒体の活用

1．電子カルテの導入

チーム内とはいえ医療行為を行なう以上は記録を残さなければならない．しかしながら紙カルテの運用は保管や管理なども含め煩雑である．JRFU では 2015 年の第 8 回 RWC の際よりクラウド型電子カルテを導入し活用している．インターネット環境があればアクセスできるため海外でも使用可能である．チームドクターに ID とパスワードを付与しアクセスおよび記入が可能となっている．既往歴や診断・所見，治療内容などを記載するが，画像データの取り込みも可能となっている．また，JRFU では男子 15 人制日本代表のみならず女子 15 人制，男女 7 人制および U-20 日本代表でも同様のシステムを導入している．このことは U-20 の選手が将来的に



A　　B

図３　代表チームで使用する携帯型超音波エコー機器
A：開いた状態.
B：収納した状態.

15 人制日本代表に昇格した際に過去の外傷障害や治療内容のデータが閲覧可能であることを意味する．カテゴリーを超えてチームドクター間で情報を共有することができ，また 7 人制日本代表と 15 人制日本代表を兼任する選手の外傷障害情報が双方のチームドクターで共有可能となる画期的なシステムである．

2. コンディション管理

コンディション管理の一環として従来から体重測定をはじめ心拍数測定，睡眠・排便状況や体調の情報収集などを主に問診や実際の計測をドクターおよびトレーナーが担当して実施していた（図 4A, B）．メディカルスタッフは食事する時間もなく，紙ベースでの運用であったため煩雑でもあった．現在はコンディション管理ツールとして One Tap Sports という電子媒体を活用している[4]．選手自身がアプリで入力することでスタッフ全員が情報を共有でき，さらにはグラフでの日ごとの推移なども評価可能となっている．アラート機能も表示可能となっており選手のコンディション把握に有用である（図 4C, D）．ドクターをはじめとするメディカルスタッフの負担軽減にもなっている．

後方支援病院の整備

ホームとしてのクラブハウスや常駐・専任ドクターを持たない代表チームにとっては，外傷障害時に医療機関をスムーズに受診できないことはストレスとなる．ドクターの判断がチーム編成やメンバー構成に影響を及ぼす可能性もあるため，外傷障害の発生時には迅速に正確な診断を行ない，医学的根拠をもとに監督・コーチと協議しなければならない．そのためには MRI や CT などの画像検査を必要とすることも多い．しかしながら慣れないキャンプ地で，どこに適当な医療機関があるのか，診療時間の融通は利くのか，必要とする診療科はあるのか，画像検査が可能なのか，も含め事前情報がなければストレスになることも多い．外傷障害が発生してから調査していては，適切なタイミングで医療や検査が受けられないことも予想される．チームドクターがメディカル環境の面で安心してキャンプに帯同できるように，JRFU では 2013 年のメディカルディレクター制導入後より日本国内における後方支援病院の整備を行なっている[5]．国内キャンプが策定・決定されるタイミングで JRFU 強化委員長もしくは担当理事より①キャンプの期間，②場所（練習グラウンド，宿泊地）の情報がメディカルディレクターに伝えられる．メディカルディレクターはキャンプの開催される地域協会のメディカル委員長にキャンプ情報を共有すると共にキャンプ期間中の後方支援病院の選定を依頼する流れとなる（図 5）．この際，画像検査（MRI, CT）の必要性なども説明し環境を整える．さらに通常の後方支援病院の整備に加え，男子 15 人制日本代表においては日本で開催される第 9 回 RWC の国内キャンプ地において，急性期の外傷に対する高気圧酸素療法（HBO）[6] が実施可能な施設も事前に依頼し対応していただけるように設定している．HBO はどの施設でも対応可能な設備ではないが，チームの要望も踏まえキャンプ地近隣の地域で実施可能な施設を検討し依頼している．土地勘がなく不慣れな地域でのキャンプ地であろうとも後方支援病院をあらかじめ設定することにより，チームドクターが安心して活動できる環境を整備している．

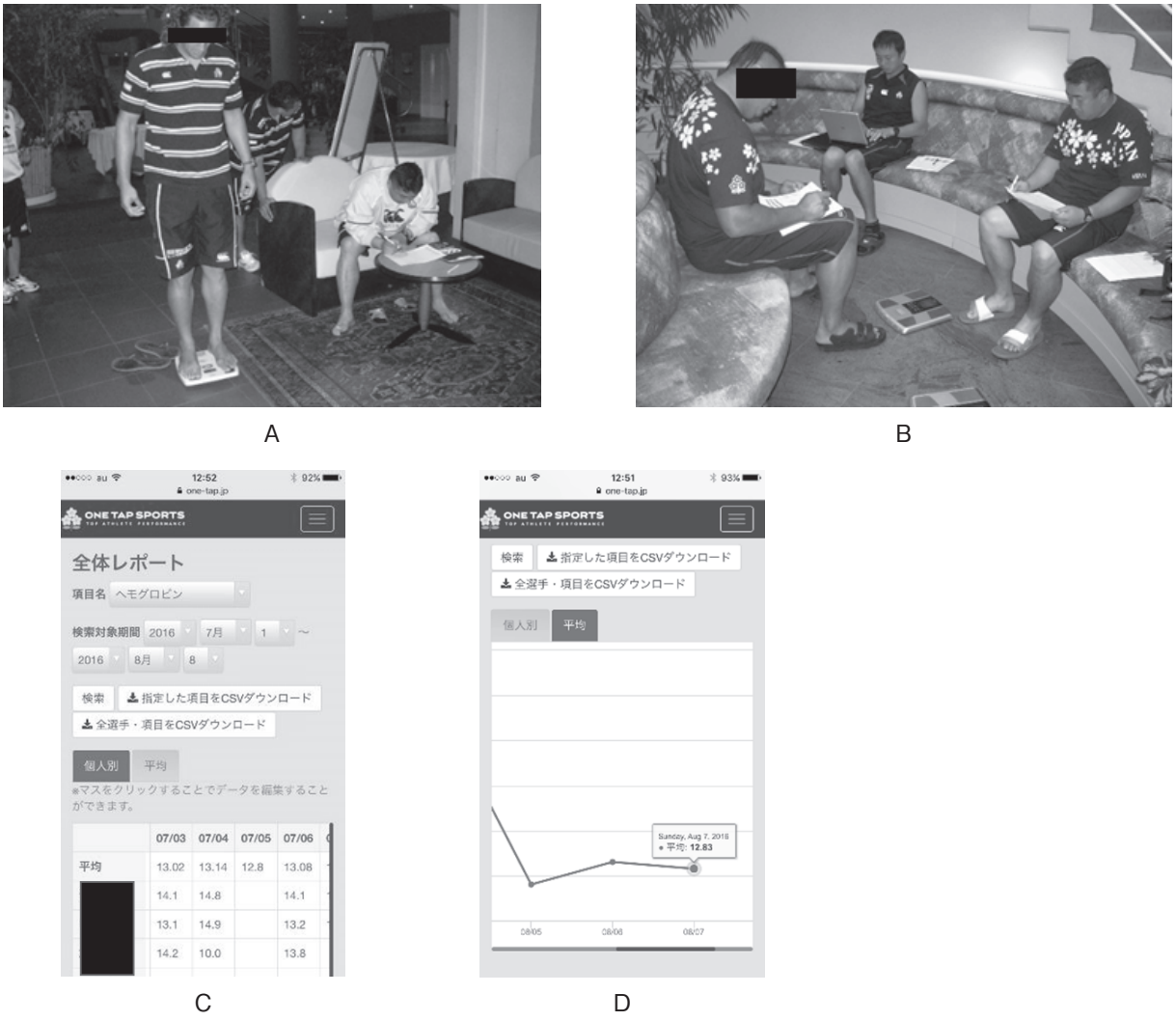


図４　毎朝のコンディショニングチェック
メディカルスタッフがついてのA：毎朝の体重測定，B：問診.
C：電子媒体を使用してのコンディション管理.
D：日ごとの推移.

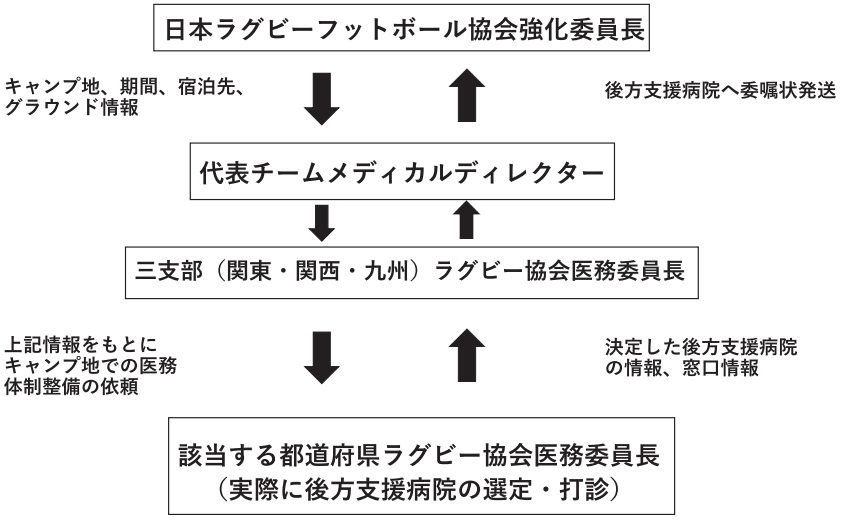


図５　後方支援病院整備の流れ



JAPAN RUGBY TOP LEAGUE
メディカルチェック報告書

チーム		記載日（西暦）		年		月		日
選手名		生年月日（西暦）		年		月		日
		年齢		歳				
チームマネージャー			チームドクター					
1. 心臓関連検査								
胸部レントゲン検査	実施日			年		月		日
	異常有無							
	有の場合の所見							
安静時心電図	実施日			年		月		日
	異常有無							
	有の場合の所見							
心エコー検査（4年に一度施行、直近の結果を毎年記載）	実施日			年		月		日
	異常有無							
	有の場合の所見							
2. 血液検査	実施日			年		月		日
	血算	WBC		RBC		Hb		Ht	
		PLT							
	生化学	AST		ALT		ALP		LDH	
		γ−GTP		TP		Cre		CK	
		TG		T−CHO		HDL		LDL	
		UA		FBS		Fe			
	任意推奨項目	フェリチン							
		抗体検査実施日		年		月		日
		HBs抗体		麻疹抗体					
3. 尿検査	実施日			年		月		日
	一般	尿蛋白		尿糖		尿潜血			
4. 外傷・障害：メディカルチェック時点でプレーに影響のある外傷・障害を記載。（ない場合には特になしと記載）								
診断名								
診断名								
診断名								
診断名								
その他コメント								

プルダウン式になっています
氏名・数値・コメント・疾病名を記載してください
任意推奨項目　施行した場合に記載してください

図６　代表チームおよび JRTL チームの統一メディカルチェック書式

共通メディカルチェック

代表チームが参加する種々の国際大会においては循環器の情報も含めメディカルスクリーニングの結果を提出することが多い．一方，代表チームにおいては選手の入れ替わりも多く追加招集なども頻繁にあるため，その都度メディカルチェックを実施することは極めて困難である．選手はジャパンラグビートップリーグ（JRTL）をはじめとする国内のチームに所属しているため，国際大会で求められる項目をベースとしたメディカルチェック内容を基に代表チームと JRTL チームで統一した書式を作成し運用している（図 6）．これにより緊急招集された選手のメディカルチェック情報を JRTL チームから提供してもらうことで追加の検査が不要となり時間と経費削減に寄与している．

代表チームドクターの心構え

チームドクターの役割としても「すべてのメディカル事案における診断・治療・コンディショニングの統括」というよりは「正確な診断をくだすスペシャリスト」という位置づけに変遷してきている．現在はドクターをはじめ種々のメディカル関連スタッフがおのおのの持ち場のスペシャリストであり，連携しながらベストのサポートを行なう様式となっている．Player Welfare の精神をベースに持ちながら世界で戦うタフなサポートを実践するという両面が要求されており，メディカルチームのリーダーとして各スタッフとの緊密な連携を取りながら進めていかなければならない．

さいごに

代表チームのチームドクターの責務や環境はこの 10 年で大きく変化した．キャンプ地での医療や電子媒体の

活用を含めメディカル環境は大きく飛躍し整備されてきている．日本代表チームの躍進を支えているのは代表チームメディカルスタッフのみならず，表には名前すら出てこない都道府県ラグビー協会メディカル委員会の方々，後方支援病院をはじめサポート環境の整備に寄与していただいた方々，機器を提供していただいた企業の皆様，選手の所属する JRTL のメディカルスタッフの皆様をはじめ多くの方々の献身的なサポートがあったことを忘れてはならない．

文　　献

1）https://www.rugbyworldcup.com/（accessed: 2020/6/25）
2）田島卓也ほか：競技スポーツ帯同時に役立つ外傷初期治療ガイド：ラグビー．臨スポーツ医臨時増刊号，27: 277–282, 2010.
3）Nofsinger C et al: Diagnostic ultrasound in sports medicine: current concepts and advances. Sports Med Arthrosc Rev, 17: 25–30, 2009.
4）https://www.one-tap.jp/top（accessed: 2020/6/25）
5）田島卓也ほか：ラグビーワールドカップ 2019 におけるメディカルネットワーク構築．臨スポーツ医，34: 106–110, 2017.
6）Oyaizu T et al: Hyperbaric oxygen reduces inflammation, oxygenates injured muscle, and regenerates skeletal muscle via macrophage and satellite cell activation. Sci Rep, 8: 1288, 2018.

第 45 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会
「ラグビーワールドカップ 2019　勝利の方程式：～選手，トレーナー，ドクターの立場から～」

弱小チームからワールドカップで勝つまでのハードワークとメンタル

大野　　均　Hitoshi Ono

2015 年，イングランドで開催された，4 年に一度のラグビーワールドカップで，我々日本代表は，優勝候補の南アフリカを破り，1 大会で 3 勝を挙げることができました．そこに至るまでの私自身の道のりを紹介します．

小学校から高校まで野球をしてきた私は，大学入学後も野球を続けたいと思っていました．しかし，大学入学直後，私の運命を大きく変える出会いがありました．それが，ラグビーとの出会いです．

私がラグビーを始めたのは，部員数 17 人，東北地区大学リーグ二部の，全国では無名の，日本大学工学部の弱小ラグビー部でした．入学式直後，大学の野球部の門を叩こうとしていましたが，いきなり両脇を屈強な先輩達に抱えられ，半ば引きずられるように連れて行かれたのが，ラグビー部の部室でした．そこで名前と電話番号を書かされると，そこから毎日のように勧誘の電話がかかってきました．野球部に入りたいので，と断ろうとする私に，先輩たちはあの手この手の口説き文句でラグビー部に引きずりこもうとしてきました．そんなに熱心に誘ってくれるなら，一度くらいグランドに顔を出さないと失礼だと思い，ラグビー部の練習を見学に行きました．しかしそこに，半ば強制的にしかたなく行ったそのグランドに，この人達の仲間に入りたい，と思わせる熱がありました．工学部の専攻学科の実習やレポートなどで手一杯のはずなのに，きつい，汚い，危険なラグビーをその人達は真剣に楽しんでいました．そして，部員数もままならない弱小ラグビー部が発していたその熱は私が在学した 4 年間，変わらずそこに在りつづけました．監督もいない弱小ラグビー部だったからこそ，上級生・下級生関係なく，どうしたら勝てるか，本気で考え意見を出し，部員が少ないことを言い訳にせず，強くなるための練習を考え，どんなにつらくしんどい時でも，仲間の為にグランドに立ち，チームの為に身体を張る，ラグビーに必要な根底のタフさを，そのラグビー部で教わり，身に着けることができたのだと思います．4 年後，東芝にラグビーで採用され入社したのにも関わらず，当時のラグビー部の監督から，ラグビーはど素人，と言われるほど，ラグビーに関しては無知でした．しかし，ラグビーを媒体として，大学の先輩，同期，後輩から私は本当にいろんな事を学び，感じ，考えさせられました．私は弱小ラグビー部だったからこそ，今の自分があると信じています．

ラグビーを始めた時，まさか自分が社会人チームの強豪でプレー出来るなどとは，微塵も思っていませんでした．しかし，目の前の一回一回の練習を真剣に，がむしゃらに取り組んできたからこそ，社会人の強豪チームでプレーするというチャンスを掴むことができたのだと思います．社会人一年目，無名の弱小チーム出身の自分が，日本代表ひしめくこのチームで，本当に通用するのか，不安しかありませんでした．しかし，その不安を少しでも払拭できるのは，練習することのみでした．人よりも少しでも多く汗をかくことを積み重ねた結果，日本代表にも選出され，国を代表して世界と戦う舞台に立つことができました．

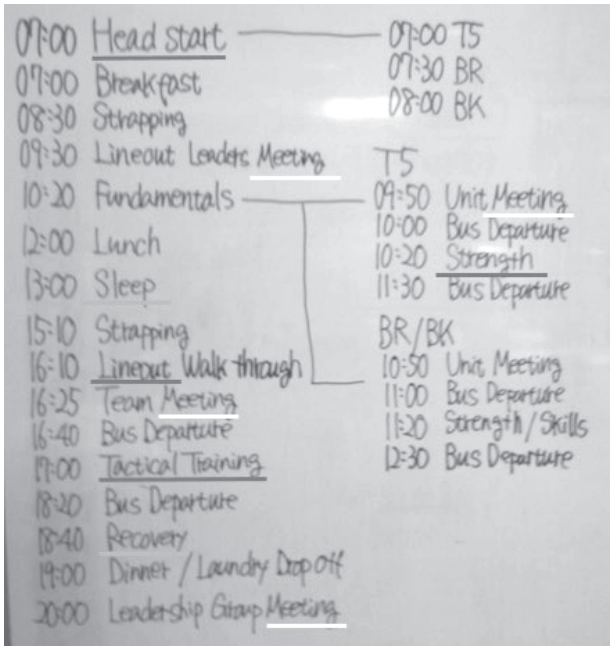
2015 年，イングランドで開催された，4 年に一度のラグビーワールドカップで，我々日本代表は，優勝候補の南アフリカを破りました．そして，過去のワールドカップにおいて，たった 1 勝しかできなかったチームが，1 大会で 3 勝を挙げることができました．ラグビー日本代表は，世界においては弱者でした．前々回のワールドカップからそこに至るまでの 4 年間，我々日本代表はエ

大野　均
〒 183-8511　府中市東芝町 1　東芝ラグビー部
東芝ブレイブルーパス
TEL 042-333-2080

東芝ブレイブルーパス
TOSHIBA BRAVE LUPUS



南アフリカ戦後の集合写真



スケジュール表

ディージョーンズ監督の下，世界一と言われた練習量をこなし，時には理不尽に感じるほどのトレーニングを積み重ねてきました．

これは南アフリカ戦の１週間前の１日のスケジュール表です．早朝から夕方まで１日に４回のトレーニングセッションがあります．強度は，試合や合宿の時期にもより様々で，時間も長くて１時間半ほどですが，毎セッション高い集中を要求されます．またトレーニングの前や，練習後には毎回ミーティングも設けられ，セッションの目的や反省，戦術の意思統一を常に行ないました．GPS で練習中の走行距離や強度のデータを取り，コンディショニングコーチやトレーナーらと選手のコンディションを細かくチェックし，昼寝の時間やリカバリーも設けられ，次のトレーニングに向けてしっかり準備することも求められました．



私はこれまで日本代表として４人のヘッドコーチの下でプレーしてきました．どのヘッドコーチも厳しい練習を課していましたが，エディージョーンズ監督ほど緻密に管理し，勝つための準備をしてきたヘッドコーチはいませんでした．

その当時，私は 37 歳．普通であればラグビー選手としてのピークは越えていると思われても仕方のない年齢です．それでも，ほとんどが 20 代の若い選手達と身体をぶつけ，汗をかき，もがきながら，必死の思いでワールドカップ最終メンバーのキップを掴むことが出来ました．

そして，私の日本代表として国際試合に出場した 95 試合目が，あのワールドカップの南アフリカ戦でした．



トレーニング風景



最後の集合写真

国際試合で 95 試合出場は当時の日本人の歴代最多出場数で，37 歳という年齢で迎えたその試合が，まさか自分の選手キャリアにおいて，最も輝かしい結果となり，日本のみならず，世界中の人から「感動した」と言ってもらえる世紀の番狂わせになるとは，試合前の当時の自分は想像もできませんでした．もし 1 万人の人に聞いたら，1 万人全員が，日本が勝つなんて答えなかったと思います．それを現実にさせたのが，つらくても逃げずに目の前の練習に向き合った 4 年間の積み重ねでした．

2019 年に日本で開催されるワールドカップを成功させる為にも，2015 年のこのワールドカップで何かしらの良い結果を残さなければ，自国開催のワールドカップの成功は為しえないという危機感を当時の日本代表メンバー全員が胸に秘めていたからこそ，過酷なハードワークに取り組み，それを乗り越え世界に大きなインパクトを与えることが出来たのだと思います．

2015 年のワールドカップ期間中，怪我人が出て，バックアップメンバーとのメンバーの入れ替えをしな



かったチームは，日本代表チームだけでした．それは4年間のハードワークによって，日本代表が世界と対等に戦えるだけのフィジカルとフィットネスを持ったチームだったという証明であり，それこそが3勝を挙げた原動力だったと思います．

そこにはもちろん，チームスタッフの大きいサポートがあったことは言うまでもありません．選手だけでなく，スタッフを含めたチームの全員がワンチームとなり，ハードワークをして勝ち取った3勝でした．

2019年，日本で開催されたラグビーワールドカップでは，日本中がラグビーというスポーツで，興奮と感動に包まれました．ハードワークの先に何があるのかを知っている，2015年のワールドカップを経験したメンバーが主体となって，2019年までの4年間で，ニュージーランド代表やオーストラリア代表，イングランド代表など世界の強豪国と体をぶつけ合い，今までにない経験を積み上げ，歴代過去最強の日本代表がそこにありました．そしてラグビー憲章にある品位，情熱，結束，規律，尊重を体現し，ベスト8進出という快挙を成し遂げてくれました．一人一人が己を犠牲にしてボールをつなぎ，勝利に向かうその姿から，日本人が忘れかけていた何かを，思い起こさせてくれたと感じた人は少なくなかったのではないでしょうか．2023年フランスで開催されるワールドカップでは，さらなる高みを目指し，日本がラグビーの強豪国として世界中に認められるよう，私も微力ながら尽力していきたいと思います．

第 45 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会
「ラグビーワールドカップ 2019　勝利の方程式：～選手，トレーナー，ドクターの立場から～」

勝つためのコンディショニング ～アスレティックトレーナーの立場から～

The Conditioning for Victory as Athletic Trainer

原　　賢二　Kenji Hara

●Key words
コンディショニング，リカバリー , アスレティックトレーナー
Conditioning：Recovery：Athletic trainer

●要旨
近年の競技スポーツにおいては，技術トレーニングだけでなく日々の体力トレーニングの重要性が高まっている．パフォーマンス向上には，専門的体力と専門的動作に関するトレーニングが必要不可欠であるが，このようなトレーニングは疲労の蓄積を招き，パフォーマンスの低下や傷害発生リスクを高める恐れがある．これらのネガティブな要素を最小限にしつつパフォーマンス向上を図るためには，コンディショニングのなかでもリカバリーが重要となる．リカバリーにはさまざまな手法があるため，それぞれの生理学的効果を理解し，目的に合わせて戦略的に実施することが何より大切である．

はじめに

本稿では，筆者がアスレティックトレーナーとして帯同したラグビーワールドカップ 2007 フランス大会および 2011 ニュージーランド大会の経験に加えて，エディ・ジョーンズヘッドコーチ体制でアスレティックトレーナーを務めた方々との情報共有をもとに，これまでラグビー日本代表チームが世界で勝つために取り組んできたコンディショニングについて紹介する．

コンディショニングとは

競技スポーツにおける最大の目的は，目標とする試合での勝利である．そのためには，目標とする試合で最高のパフォーマンスを発揮しなければならない．

競技パフォーマンスは，筋力やスピード，パワーに代表される身体的要素のみならず，精神的な要素にも大きく影響を受けることは周知のことであろう．また，大会期間中に感染症に罹患してしまうと，それまで長期間のトレーニングで培った技術や体力は十分に発揮することができないことを考えれば，パフォーマンスの構成要素として防衛体力が含まれることを忘れてはならない．さらには，身体づくりや疲労回復のための栄養や休養もパフォーマンスを決定する重要な要素である．このように，パフォーマンスを構成する要素は多岐にわたるため，近年の競技スポーツでは，各種専門家による包括的なサポートが重要視されている．

日本スポーツ協会では，「ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因」をアスレティックトレーナーからみた「コンディション」とし，「ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因を，ある目的に向かって望ましい状況に整えること（すなわち，競技スポーツにおいて設定した目標を達成するためのすべての準備プ

原　賢二
〒 839-0851　久留米市御井町 1635
久留米大学人間健康学部スポーツ医科学科
TEL 0942-43-4411（研究室内線 2655）

久留米大学人間健康学部スポーツ医科学科
Department of Sports Medicine and Science, Faculty of Human Health, Kurume University

ロセス)」を「コンディショニング」と定義している[1]. また，鈴木[2]は「スポーツにおいて変動する競技状態を構成する心身の状態，およびアスリートのパフォーマンスに影響を与えるすべての要因」をコンディションとし，コンディショニングを「現在のコンディションと目標とするコンディションとの間のギャップを最小化するプロセス」とまとめている.

これらのコンディショニングの定義から考えると，アスレティックトレーナーの業務のなかでもコンディショニングは最も重要な役割であるといっても過言ではない.

コンディショニングに関わる各専門家の役割

ドクターの最も重要な役割は，スポーツ外傷・障害が発生した際の診断・治療であるが，競技者の健康管理やスポーツ外傷・障害の予防，再発予防など，スポーツ現場においてドクターに求められる業務は幅広い．なかでも健康管理やスポーツ外傷・障害の予防，再発予防，海外遠征時の時差対策など，メディカル面のコンディショニングにおいてドクターが果たす役割は非常に大きい.

ラグビーのパフォーマンス向上のための筋力，スピード，パワーなどを高める体力トレーニングを担う専門家はストレングスコーチと呼ばれる．これらのトレーニングに加えてウォーミングアップやクールダウン，疲労からの回復（リカバリー）のための栄養や休養の管理などチーム全体のコンディショニングを担当するストレングス＆コンディショニングコーチ（以下，S＆C コーチ）の活躍も目立つようになってきた．日本代表チームでは，常に 2〜3 名の S＆C コーチがチームに帯同していることからも，その役割の大きさがわかる.

アスレティックトレーナーは，ドクターと共にチームのメディカルスタッフとして位置付けられる．S＆C コーチと連携しながらチーム全体のコンディショニングを行ない，スポーツ外傷・障害を抱えている選手に対しては選手個々に対するコンディショニングを実施する（図 1）．また，受傷後に練習参加できない選手に対する競技復帰のためのアスレティックリハビリテーションやスポーツ外傷・障害の予防，再発予防の役割を担うが，いずれもドクターとの緊密な連携が欠かせない．通常，日本代表チームでは 3 名前後のアスレティックトレーナーが帯同する.

ラグビーの現場では，上記のように S＆C コーチ，ドクター，アスレティックトレーナーが協力しながらチームのコンディショニングにあたる．最近では，パフォーマンス向上のための体力トレーニングだけでなく，疲労からの回復，疲労しにくい身体づくり，スポーツ外傷・障害の予防などの重要性が認識されるようになった．これらの要望に応えるため，常に選手のコンディションに関する情報を共有し，適切なプログラムが提供できるように 3 者でコミュニケーションを取りながら協働している（図 2）.



図 1　アスレティックトレーナーの活動の様子



図 2　ドクター，S＆C コーチ，アスレティックトレーナーによるミーティングの様子

HARD WORK とリカバリー

ラグビーワールドカップ 2015 イングランド大会において，日本代表チームは決勝トーナメント進出こそ逃したものの予選プール 3 勝という素晴らしい結果を残した．そのなかでも南アフリカ代表チームへの勝利は世界を驚かせた．この背景には，早朝から始まるウエイトトレーニングを含む 1 日 4 部練習などエディ・ジョーンズヘッドコーチが課した厳しいトレーニングがあったことは多くの人が知るところである．そのトレーニングの厳しさもさることながら，長期間の強化合宿を実施したこともチームの強化につながっている．ラグビーワールドカップ 2011 ニュージーランド大会のワールドカップイヤーの代表チームの活動日数が 136 日であったのに対し，2015 年大会では 175 日であり約 40 日間チームの強化のために多くの時間を費やした.

競技スポーツの最大の目的は勝つことであり，そのた



図３　コンディションチェックシート記入の様子



図４　コンディションチェックシート集計の様子

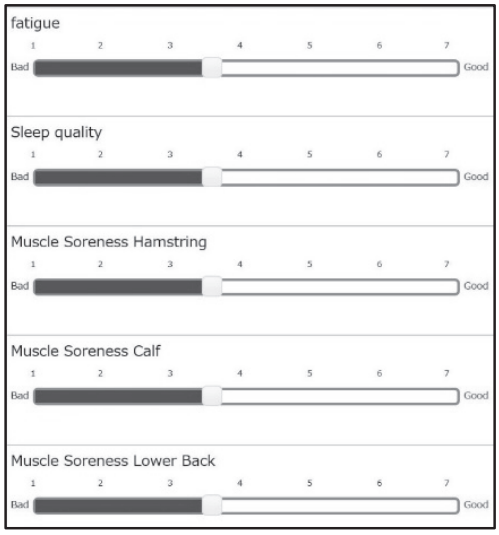


図５　ONE TAP SPORTS を用いたコンディション管理（http://www.eu-phoria.jp/）

めに必要な技術トレーニング，体力トレーニングにチームは全力で取り組むため，練習量の増加は避けられない．練習量の増加は疲労の蓄積を招き，疲労の蓄積はスポーツ外傷・障害の発生リスクを増大させ，さらには競技パフォーマンスを低下させる恐れもある．

勝つためには，HARD WORK が必須であるが，トレーニングにはパフォーマンス向上というポジティブな効果だけでなく，先述したようなネガティブな要素が含まれることを忘れてはならず，トレーニングによるネガティブな要素を最小限にすることが何より重要である．そのために必要なことはコンディショニングのなかでもリカバリーであり，トレーニング内容や強度，選手の身体的コンディションの評価に基づき，効果的なリカバリー手段を戦略的に選択することが求められる．そのためには，選手の身体にかかっている負荷量や疲労度などの体調，睡眠や食事，水分摂取状況についてモニタリングしなければならない．

負荷量については，内的負荷と外的負荷に分けて考えることができる[3]．内的負荷のモニタリングとしては心拍数計測が代表的である．心拍数は運動負荷と比例関係にあることから，心拍数をモニタリングすることで練習や試合中の負荷量を把握することができる．また，デバイスを用いることができない場合でも，練習直後に各選手の RPE（10 段階の自覚的運動強度）を聞き取り，「RPE×練習時間（分）」から算出する RPR - UNIT[3, 4] を用いて評価することができる．また，起床時の主観的疲労度をモニタリングすることでも，前日までの負荷量を推測することができる．

一方，外的負荷としては，GPS を用いることで，総走行距離やスピード，高強度ランニングの割合などを定量評価することができるため，近年では選手への負荷量を評価するための必須のツールとなった．また，最近ではアスレティックリハビリテーションの中でも運動強度の管理やスピードの回復を評価するために GPS を積極的に利用している．

このように，負荷量や選手の疲労度をモニタリングするために，可能な限り定量的な評価を行なう．しかし，GPS や加速度計，ジャイロセンサーなどのデバイスを用いても，ラグビーの競技特性上，選手にかかる身体的負荷をすべて定量評価することは難しい．したがって，選手の身体的負荷量をモニタリングする際には，外的負荷，内的負荷の両者を評価するべきであり，また，客観的な指標と主観的な指標をバランスよく取り入れることが重要と考える．

日本代表チームでは，疲労度や体調，睡眠や食事，水分摂取状況などについては，起床時に評価している．以前は，チェックシートに選手自身が記入した結果をスタッフが集計していたが（図 3，4），最近では，「ONE TAP SPORTS」を用いたコンディション管理が行なわれている．個人用端末でも入力可能であり，選手のコンディションを把握するのに非常に有用なシステムである（図 5）．

水分の摂取状況をモニタリングするための尿比重検査

も積極的に行なっている．定期的な評価も重要であるが，試合後や飛行機による長距離移動後，体調不良時には欠かせない評価である．尿比重の継続的な評価は，水分摂取に対する選手の意識を変えることにもつながり，非常に有効な取り組みである．

リカバリーの実際

選手個々のコンディショニングについては，ラグビーワールドカップ 2011 ニュージーランド大会までは，3 名前後のアスレティックトレーナーで実施していた．スポーツ外傷・障害などの問題を抱える選手に対するトリートメント（図 6）を行ないながら，選手個々のリカバリーに対応していたため，リカバリーに特化した取り組みを行なうことが難しいこともあった．エディ・ジョーンズヘッドコーチが就任した 2012 年以降は，Muscle Regeneration と呼ばれるリカバリーを目的としたマッサージセッションを外部スタッフの協力を得ながら実施する取り組みが始まり，リカバリーの質が上がった．このマッサージセッションは，国内合宿だけでなく海外遠征時にも週に 2 回行なうようにスケジュールが組まれた．基本的には，月曜日と木曜日に実施され，月曜日は試合と移動による疲労の回復，木曜日はトレーニングによる疲労の回復と試合に向けたコンディショニングを目的としている[5]．約 40 名の選手に対して，1 人 30 分程度の施術を行なうため，チームに帯同しているアスレティックトレーナーに加えて，各国のラグビー協会に依頼をして，現地のセラピストの協力を得ながら行なっている（図 7）．

ラグビー特有のリカバリーとして重要なことは，コリジョンによる筋損傷を考慮することである．ラグビーではタックルの頻度が多いほど筋損傷を評価する指標である血漿ミオグロビン，血漿クレアチンキナーゼ濃度が増加する[6]．特にクレアチンキナーゼは試合後 24 時間までは増加し続ける[6]ことから，他のスポーツで実施される試合翌日の有酸素運動を取り入れたアクティブリカバリーはラグビーには向かない．試合後 24～48 時間のリカバリーとして推奨されるのはアイスバスであり，このタイミングに積極的に実施することで炎症の鎮静化を図る．アイスバスは運動直後に行なうことで，そのリカバリー効果が高いことが報告[7]されているため，グランドやロッカールームで実施できるよう工夫している（図 8）．また，試合後 24～48 時間に運動を取り入れる場合は強度をコントロールし，筋損傷からの回復を優先することも忘れてはならない．

ラグビーでは，アイスバスの他にもプールリカバリー（図 9）を取り入れることが多い．プールリカバリーで期待できるのは，静水圧による末梢循環の改善や浮力による重力負荷からの解放によりもたらされるリラクゼーションなどであるため，目的に応じてアイスバスとプールリカバリーを使い分けている．つまり，激しいコンタクトプレーが含まれた練習や筋にエキセントリックな負荷がかかるようなメニューを実施した際にはアイスバス



図 6　アスレティックトレーナーによるコンディショニングの様子



図 7　海外遠征中の Muscle Regeneration（現地セラピストの協力）



図 8　練習直後にアイスバスが行なえるように準備



図９　プールリカバリーの様子



図 10　セルフコンディショニングの様子（U20 ラグビー日本代表チーム）

を選択し，エキセントリックな負荷が強くかかることがなく激しいコンタクトプレーもない場合で，筋緊張の緩和，関節可動域の改善，循環の改善を目的としたコンディショニングを行なう際にプールリカバリーを取り入れるとよいと思われる．

お わ り に

技術や体力などの競技力が拮抗した相手との勝負においては，試合時のコンディションの良し悪しが勝負を決める重要な要因であることは間違いなく，競技レベルが上がるほどこの傾向が強くなる．競技に特化した技術・体力を効果的に身に付けるためには，質の高いトレーニングが必要であることを考えれば，何より重要なことは日々のコンディション管理といえる．

日本代表チームのドクター，S＆C コーチ，アスレティックトレーナーは，世界とコンディショニングの戦いをしており，最新のスポーツ医科学科の知見を基にしたサポートに全力をあげる．しかし，コンディショニングは，選手に「やってあげられること」よりも選手自身に「やらせなければならないこと」の方が圧倒的に多いため，選手が自分自身で行動の選択をすることができるように導くことも大切である．このような観点から，U20 ラグビー日本代表チームでは，セルフコンディショニングの指導にも力を入れている（図 10）．

コンディショニングには特別な手法は存在せず，また近道もない．継続的に取り組むことではじめて実を結ぶ地道な取り組みである．したがって，日々のコンディション評価の結果に応じて，スポーツ医科学の知見に基づいた効果的なコンディショニングの手法を目的に合わせて戦略的に実施することが何より大切である．そしてこの取り組みこそが勝利の方程式と考えている．

文　　献

1）財団法人日本体育協会（監修）：公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト．第 6 巻，予防とコンディショニング．文光堂，東京: 3, 2007.
2）鈴木岳：コンディショニング概論．臨スポーツ医，35: 782-786, 2018.
3）咲花正弥：アスリートを支えるフィジカルコンディショニングの実際―最新のコンディショニング事情―．臨スポーツ医，35: 788-793, 2018.
4）井澤秀典ほか：リカバリースペシャリストとしてのコンディショニングの考え方．臨スポーツ医，35: 818-823, 2018.
5）井澤秀典：リカバリーに対するマッサージ再考．臨スポーツ医，34: 1162-1165, 2017.
6）Takarada Y: Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. Br J Sports Med, 37: 416-419, 2003.
7）Brophy-Williams N et al: Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. J Sports Sci Med, 10: 665-670, 2011.

第 45 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会
「ラグビーワールドカップ 2019　勝利の方程式：～選手，トレーナー，ドクターの立場から～」

ラグビー日本代表チームにおけるトレーナーの変遷

History of Athletictrainers in the Rugby Japan National Team

石山　修盟（信男）　Shumei Nobuo Ishiyama

●Key words
RWC，アスレティックトレーナー

●要旨
日本にラグビーが公式に紹介されてから 88 年後，1987 年に第 1 回ラグビーワールドカップ（以下 RWC）が開催され，今年第 9 回 RWC2019 大会が日本で開催される．日本代表は，この RWC に 1 回目から連続で出場し続けている．そのチームスタッフにはドクターとともに“外傷・障害の予防”と“パフォーマンスの発揮”を目的としてドクター，他スタッフと連携し，スポーツ現場での健康管理に携わるトレーナー（アスレティックトレーナー）が帯同している．スポーツ医・科学のサポートが今現在も現場でラグビー日本代表を支えている．その変遷を紹介する．

はじめに

ラグビーフットボールは，フルコンタクトで行なうスポーツでありチーム競技である．日本では，公式にラグビーが紹介されたのは 1899 年慶応義塾大学においてエドワード・B・クラーク教授と田中銀之助氏によると記録されている．

（公財）日本ラグビーフットボール協会（以下 JRFU）は 1926 年に設立され，今日 108,583 人（選手 95,042 人，チーム役員 13,541 人/2019 年 3 月）[1] の登録者となっている．日本にラグビーが公式に紹介されてから 88 年後，1987 年に第 1 回ラグビーワールドカップ（以下 RWC）がオーストラリア・ニュージーランドで開催される．以降回を重ね，2019 年第 9 回 RWC2019 大会は日本で開催され，アジア地域では初の開催となる．

日本代表チームスタッフ

日本代表は，この RWC に第 1 回大会より連続で出場し続けている．そのチームスタッフとして第 1 回大会からドクターとともにトレーナー（アスレティックトレーナー（以下 AT））は帯同している（表 1, 2）．第 1～3 回大会までは 1 名，第 4 回大会では 2 名に，第 5～第 8 回大会では 3 名の AT がチームスタッフとして本大会のチームスタッフ編成に加わった．また，第 4 回大会以降フィットネスコーチ/Strength & Conditioning Coach，アナリスト，栄養士，前回第 8 回大会（2015）では，メンタルコーチがチーム編成に加わっていたこともあった．スポーツの世界では当然であるが，チーム編成はヘッドコーチ（監督）現場のトップが主体となり決定することが多い．プレイヤーの素材，戦略など多岐にわたる要素を意識しチーム作りを熟考し，その結果を出すためのスタッフ編成となる．

AT の役割は（公財）日本スポーツ協会公認スポーツ指導者制度の中の一つでもあるメディカル・コンディショニング資格の中の一つでもあり，そのテキストのなかで 1）スポーツ外傷・障害の予防，2）スポーツ現場における救急処置，3）アスレティックリハビリテーション，4）コンディショニング，5）測定と評価，6）健康管理と組織運営，7）教育的指導と記されている（表 3）[2]．これらの役割を基本としてそれぞれのスポー

石山信男
〒 227-0033　横浜市青葉区鴨志田町 1221-1
日本体育大学保健医療学部整復医療学科
TEL 045-507-7993

日本体育大学保健医療学部整復医療学科
Department of Judo Therapy and Medical Science, Faculty of Medical Science, Nippon Sport Science University

表 1　RWC 日本代表チームアスレティックトレーナー

第 1 回 1987 年	ニュージーランド＆オーストラリア大会	
	及川文寿	
第 2 回 1991 年	イングランド大会	
	及川文寿	
第 3 回 1995 年	南アフリカ大会	
	皆川　彰	
第 4 回 1999 年	ウェールズ大会	
	石山修盟（信男）	岩井真一
第 5 回 2003 年	オーストラリア大会	
	宮本武宜	山口　淳　　大岡四郎
第 6 回 2007 年	フランス大会	
	渡邉　誠	櫻井　順　　原　賢二
第 7 回 2011 年	ニュージーランド大会	
	木村宏通	原　賢二　　藤原和朗
第 8 回 2015 年	イングランド大会	
	井澤秀典	青野淳之介　（佐藤義人）
第 9 回 2019 年	日本大会	
	井澤秀典	青野淳之介　（カール マクドナルド（NZ physio））

表 2　RWC における日本代表スタッフの変遷

	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回	第 6 回	第 7 回	第 8 回	第 9 回
	1987	1991	1995	1999	2003	2007	2011	2015	2019
監督	宮地克実	宿澤広朗	小籔修	平尾誠司	向井昭吾	J・カーワン	J・カーワン	エディ・J	J・ジョセフ
ドクター	1（高澤）	1（丸山）	1（河野）	1（山崎）	1（福田）	1（田島）	1（村上）	1（高澤）	1（高森）
	整形外科	心臓血管外科	内科	整形外科	整形外科	整形外科	整形外科	整形外科	整形外科
AT（トレーナー）	1	1	1	2	3	3	3	2+1	2+1
S&C（フットネス C）	—	—	—	1	1	2	2	2	2
メンタル	—	—	—	—	—	—	—	1	1
栄養士	—	—	—	1	—	調理師 2	—	—	—
アナリスト	—	—	—	○	○	○	○	○	○

表 3　アスレティックトレーナーの役割（JSPO-AT 専門科目テキストより）

1）スポーツ外傷・障害の予防
2）スポーツ現場における救急処置
3）アスレティックリハビリテーション
4）コンディショニング
5）測定と評価
6）健康管理と組織運営
7）教育的指導

表 4　JRFU トレーナーセミナー講習内容

1）ガイダンス　・トレーナー部門設立背景・役割
　　・トレーナーとセーフティーアシスタント
2）ラグビー概論
3）レフェリーとの関係
4）重症外傷
5）整形外科的外傷・障害
6）口腔外科
7）内科的疾患
8）ドーピングコントロール
9）コンディショニング論

ツ現場に応じた多様な役割を果たすことになる．日本ラグビー界においては 2003 年トップリーグ（現ジャパンラグビートップリーグ）の発足時よりトップリーグ規約第 2 節 登録 第 84 条［トップリーグ登録］(6) チームドクターは原則として「日本スポーツ協会公認スポーツドクター，Immediate Care In Rugby/Pre Hospital Immediate Care In Sport Level2 以上」の有資格者とする．また，AT は「日本スポーツ協会公認アスレティックトレーナー（以下「JSPO-AT」とする）およびセーフティーアシスタント」の有資格者とする[3]と明記されており，プレイヤーの健康管理者としてのスポーツドクターおよび AT をジャパンラグビートップリーグが他競技に先駆けて規約に明記したことは，Player Welfare を宣言しているラグビー界にとって極めて価値があり意義のあることである．また JRFU では 2005 年より AT の育成を目的としてトレーナーセミナー/研修会を開催し，共通の認識，知識，価値を持ちラグビーの現場に立ち，安全でスピード感のあるサポートができる人材養成を行なっている．講習内容は，1）ガイダンス（トレーナー部門設立背景・役割，トレーナーとセーフティーアシスタント），2）ラグビー概論，3）レフェリーとの関係，4）重症外傷，5）整形外科的外傷・障害，6）口腔外科，7）内科的疾患，8）ドーピングコントロール，9）

コンディショニング論（表 4）である．このセミナーの受講修了者より，資格的背景，経験値，知識，技量，現場での適応力等踏まえ代表チームの AT として選出され帯同している．これまで代表チームを本大会においてチーム帯同サポートをした AT は延べ 20 名となる（表 1）．

代表チームスタッフに求められる資質

代表チームでは当然のことであるが，“外傷・障害の予防”と“パフォーマンスの発揮”を目的としてドクター，他スタッフと連携し，スポーツ現場での健康管理に携わる高い知識，経験と特殊技術を有する専門スタッフとしての資質が求められる．また長期間の強化合宿という時間軸の活動期間，テストマッチいわゆる試合，大会を主体とする遠征ではプレイヤーの訴え，状態に対しドクターと密な連携をとり正確に評価し，判断し，コンディショニング，ケアが求められ，グラウンドに送り出せるようスピード感のある対応をしなければならない．したがって，帯同 AT は JSPO-AT に加え法的な資格制度のある鍼師，灸師，按摩マッサージ指圧師，柔道整復師といった医業類似行為者としての資格を保有しているものが多い．さらに重要なことは，あくまでもチームスタッフ，サポートスタッフの一員である自覚を忘れてはいけない．代表チームはコンバインドチームであるため，プレイヤーの所属チームや多様なスタッフとの連携も大変重要である．そして，対面，電話，モバイル通信機器その手法も昨今のインターネット環境の変化により，情報伝達の技術・方法も多様である．加えて，チームにはプレイヤーはもとより外国籍スタッフ加入が増えていることで外国語，特に英語によるコミュニケーションが求められる現状である．

近年 World Rugby（以下 WR）が発信している Player Welfare の精神に基づき，さまざまな取り組みがされている．四肢，体幹，頸部への外傷・障害はもとより，頭部外傷への取り組みに力を入れている．H.I.A.（Head Injury Assessment）そして脳振盪よりの段階的競技復帰プロトコル（G.R.T.P.）である．ドクターと連携，協力し実施している．日々その基準，評価法の変化に対応しなければならない．

おわりに

日本代表の活動は年間 100 日を超えるサポート日数であったとの報告もあり，特に 2018 年，2019 年は RWC2019 直前ということもあり年間 200 日を超える活動数であったと聞く．日常家庭，職場の理解をいただけ，代表チームのメンバーと共に過ごし，研鑽を積み重ねサポートをし“One Team”が名実のものとして作り上げ，結果を残すための要因の一つであると考える．

知力，技術力，体力，多様な力が望まれていることは不変であるが，時代，環境は変われどスポーツ医・科学のサポートがこれまでも今もこれからも，日本代表をスポーツ現場を支えていることは事実である．

これまでそしてこれからのラグビー日本代表チームの活躍を支える力として現場でサポートしてくださっていた，くださっている，くださっていただくメディカルスタッフであるドクターと AT に敬意を表する．

文　献

1）公益財団法人日本ラグビーフットボール協会：情報公開 2018 年度チーム登録数および競技者登録数.（https://www.rugby-japan.jp/jrfu/business/）accessed: 2020/2/11
2）河野一郎ほか：公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト第 1 巻アスレティックトレーナーの役割．第 1 版第 16 刷，（公財）日本スポーツ協会，東京: 13, 2019.
3）公益財団法人日本ラグビーフットボール協会：ジャパンラグビートップリーグ．トップリーグ規約（2019 年 10 月 31 日改定），公益財団法人日本ラグビーフットボール協会，東京: 18, 2019.（https://www.top-league.jp/wp-content/uploads/2019/10/kiyaku_20191031.pdf）accessed: 2020/2/11

体操選手の手関節痛とX線所見

Gymnast's Wrist Pain and Radiographic Findings

面谷　透　Toru Omodani
高橋　憲正　Norimasa Takahashi
渡海　守人　Morihito Tokai
菅谷　啓之　Hiroyuki Sugaya
松木　圭介　Keisuke Matsuki
星加　昭太　Shota Hoshika

●Key words
体操選手，手関節，X線
Gymnast：Wrist：Radiograph

●要旨
2005年10月から2018年3月にかけ，慢性発症の手関節痛を主訴に当院を受診した体操選手172例214手関節，右100手関節・左114手関節，男性172手関節・女性42手関節，平均年齢15.7歳（8～26歳），骨端線残存165手関節・閉鎖49手関節に対し，X線所見を調査した．骨端線の開大は橈骨53手関節・尺骨31手関節，骨端線すべりは橈骨1手関節・尺骨11手関節，茎状突起分離は橈骨14手関節・尺骨32手関節で認められた．尺骨の骨端線開大，また橈尺の茎状突起分離はこれまでに報告のない所見である．今後，骨端部に異常を有する症例において，成長障害を含めどのような変化が生じるのか調査する必要がある．

はじめに

体操競技において上肢は多くの動作・機能が要求される．あん馬や平行棒などの支持系種目では主に荷重肢として機能する一方，鉄棒やつり輪などでは懸垂動作が要求される．そのため，荷重や牽引などの繰り返す負荷による慢性発症の手関節痛は頻度の高い病態であり，その有病率は46～87.5%と報告されている[1]．

近年，体操界では競技開始時期が低年齢化する傾向にあるとされている[2]．実際，2002年4月から2012年6月にかけて当院を受診した体操競技者1,172人を調査したところ，41.9%が小学校入学前から，約80%が小学校低学年までに競技を開始していた[3]．そして，ハイレベルな体操選手は幼少期から長時間・高頻度の練習を行なうため，慢性発症の障害が発生しやすい[3]．

体操選手の診療を行なっていると，慢性発症の手関節痛を主訴に受診する若年の体操選手は多くみられる．また，そうした症例は特徴的なX線所見を呈することがある．

目　的

慢性発症の手関節痛を主訴に受診した体操選手のX線所見について調査すること．

対象と方法

2005年10月から2018年3月にかけ，手関節痛を主訴に当院を受診した体操選手233例286手関節のうち，急性外傷によるものや手関節周囲の骨折の既往を有するものを除いた慢性発症の172例214手関節を対象とした．右100手関節・左114手関節，男性172手関節・女性42手関節，平均年齢15.7歳（8～26歳），骨端線残存165手関節・閉鎖49手関節であった．選手の競技レベルは，体操クラブでの練習や地方大会への出場を主とする非エリートから，国際大会に出場するようなエリートまで含まれていた．

X線所見と診療録を後ろ向きに調べた．異常なX線所見として，「橈骨または尺骨遠位骨端線の開大」「橈骨または尺骨遠位骨端線でのすべり」「橈骨または尺骨茎

面谷　透
〒274-0822　船橋市飯山満町1-833
船橋整形外科病院スポーツ医学・関節センター
TEL 047-425-5585

船橋整形外科病院スポーツ医学・関節センター
Funabashi Orthopaedic Hospital, Sports Medicine & Joint Center

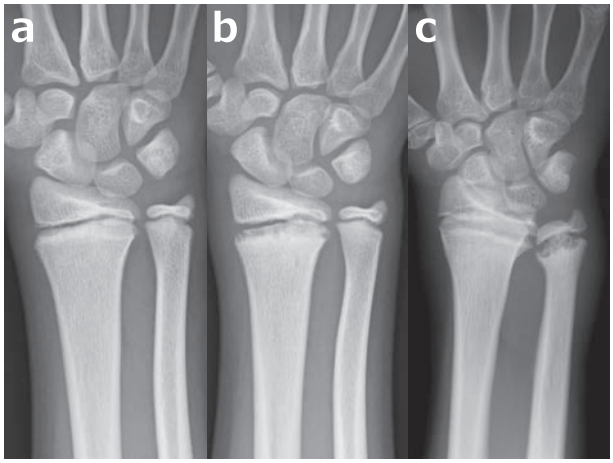


図１　骨端線開大
橈尺骨の骨端線が残存した正常な手関節（a）と比較して，橈骨（b）または尺骨（c）の骨端線の近位に透亮性変化が生じ，骨端線が開大している．

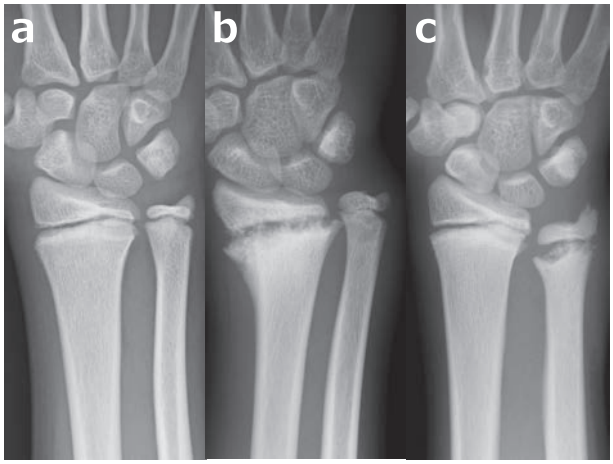


図２　骨端線すべり
橈尺骨の骨端線が残存した正常な手関節（a）と比較して，橈骨（b）または尺骨（c）の骨端線部で骨の転位が生じ，皮質の段差がみられる．

状突起の分離」を抽出項目とした．「橈骨または尺骨遠位骨端線の開大」とは骨端線の近位にて骨透亮性変化が生じ骨端線が開大しているもの（図 1），「橈骨または尺骨遠位骨端線でのすべり」とは骨端線を境に骨の転位が生じ皮質に段差がみられたもの（図 2），「橈骨または尺

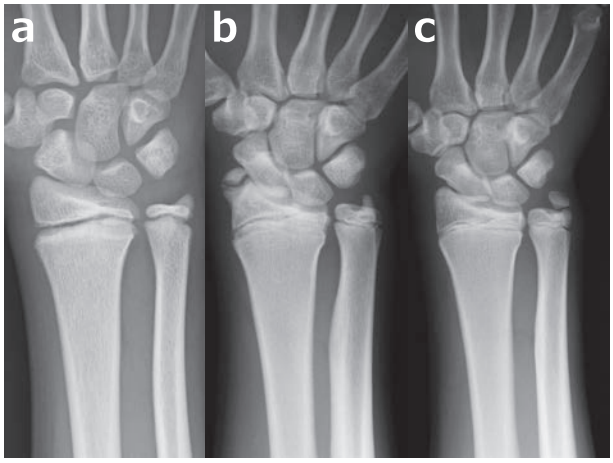


図３　茎状突起分離
橈尺骨の茎状突起が正常な手関節（a）と比較して，橈骨（b）または尺骨（c）の茎状突起の先端に分離した骨片がみられる．

骨茎状突起の分離」とは茎状突起の先端に骨片の分離を認めたもの（図 3），と定義した．また，診療録より手関節の痛みの部位を橈側・尺側・不明群に分け，疼痛部位と X 線所見の関係を調べた．また，診断後の競技状況についても調べた．

結　　果

骨端線の開大は橈骨 53 手関節・尺骨 31 手関節，骨端線すべりは橈骨 1 手関節・尺骨 11 手関節，茎状突起分離は橈骨 14 手関節・尺骨 32 手関節で認められた．疼痛部位は橈側部 87 手関節，尺側部 77 手関節，不明 50 手関節であった．橈骨骨端線開大の 53 手関節のうち 46 手関節が橈側部痛群，尺骨骨端線開大の 31 手関節のうち 18 手関節が尺側部痛群と，骨端線の開大は疼痛側に多く認められた（表 1）．茎状突起分離や骨端線すべりも同様に疼痛側により多く認められた．異常所見を有した 107 手関節のうち，他院へのセカンドオピニオンを求め転帰が全く不明だった 2 手関節を除く 105 手関節が，リハビリテーションをはじめとした保存加療を行ないながら競技を継続または安静ののち復帰した．

表１　X 線の異常所見と疼痛部位の関係

	疼痛部位			
	橈側（87）	尺側（77）	不明（50）	計
橈骨骨端線開大	46	2	5	53
尺骨骨端線開大	7	18	6	31
橈骨骨端線すべり	1	0	0	1
尺骨骨端線すべり	2	9	0	11
橈骨茎状突起分離	9	3	2	14
尺骨茎状突起分離	6	23	3	32

（単位：手関節）

考　　察

Roy らは X 線における橈骨の骨端線の異常所見について報告しており，特に体操選手の異常所見に絞った報告としては最も古いものと思われる．その病態として，繰り返される荷重と背屈強制により生じた骨端症であると述べられている[4]（図 4a）．他にも，体操選手における橈骨遠位骨端線の異常に関する研究がいくつか報告されており[5~11]（表 2），X 線の異常所見の割合は 4.8%～85% とされている．本研究は男女合わせて計 214 例とこれまでの報告と比較して最も症例数は多かった．本研究では，橈骨遠位骨端線の X 線所見の異常の割合は全体の 24.8%，また骨端線開存例に限れば 165 手関節中 53 手関節で 32.0% と，いずれにおいてもこれまでの報告の範囲内ではあった．

一方で，骨端線の開大が尺骨にも認められたことは特筆すべきことである．橈骨と異なり，これまでに尺骨に関する報告はなく，尺骨骨端損傷という病態が存在することが本研究で明らかとなった．その病態として，橈骨と同様，荷重によるストレスの蓄積が原因だと思われる．後方重心の支持姿勢においては，手関節背屈・尺屈位での荷重ストレスがかかるため尺側への負荷が増大し，尺骨骨端線部の障害をきたしたものと推察される（図 4b）．

骨端線すべりに関しても，これまでに同様の報告はなかった．骨端部への負荷が蓄積されて骨端部の脆弱性が生じ，なおその状態で競技を継続し同部にストレスがかかり続けた結果，骨端部の構造が破綻してすべりが生じたのではないかと考えた．実際，骨端線すべりを起こした症例はすべからく骨端線開大をきたしており，骨端線開大が進行して最終的に至った最重症型が骨端線すべりなのではないかと推察した．

また，橈骨および尺骨の茎状突起分離もこれまでに報告のない所見であった．しかし，本研究では橈尺合わせて計 46 認められており，決してまれな所見ではないと思われる．関口らは，特に鉄棒の逆手車輪では回外と牽引により手関節尺側部に大きなストレスがかかり，障害が発生しやすいことを報告している[12]．実際，逆手車輪時の手関節尺側部痛を主訴に受診した患者の中に尺骨茎状突起分離を起こしている例を経験する．本研究の症例の中でも，逆手車輪で尺側部痛を訴え，時間の経過とと

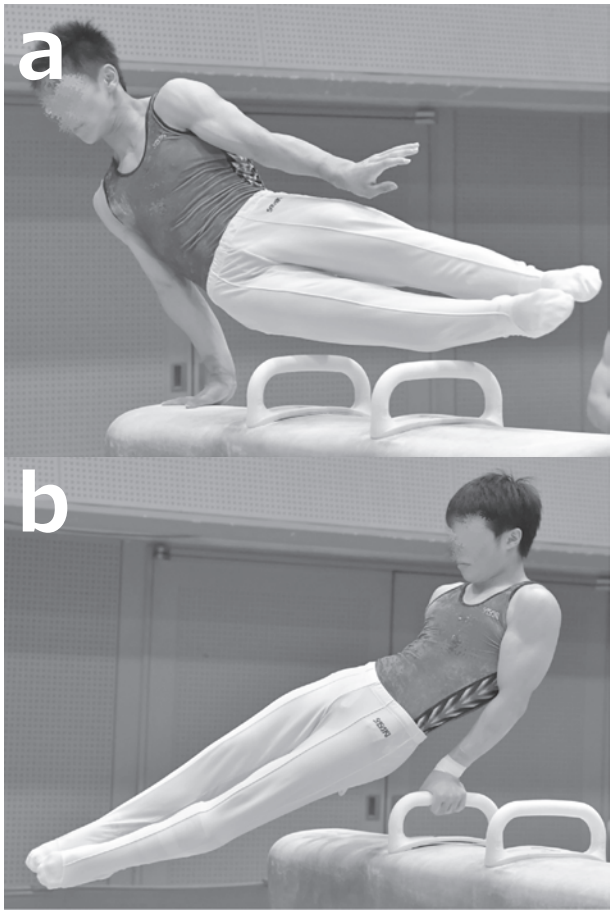


図 4　支持系種目における手関節への荷重ストレス（図の種目はあん馬）
前方重心では手関節に背屈・橈屈と荷重のストレスがかかり（a），後方重心では手関節に背屈・尺屈と荷重のストレスがかかる（b）．

表 2　橈骨骨端線の X 線所見の異常に関するこれまでの報告と本研究の比較

	症例数 男性	症例数 女性	年齢	競技レベル	橈骨骨端線の X 線異常
Aubergé（1984）	—	57	14～17	Junior national	85 %
	41	—	17～33	Junior national	80 %
Szot（1985）	41	—	15～31	National	58.5 %
Roy（1985）	—	26	9～14	Non-elite	30.8 %
Caine（1992）	—	39	12.6	Non-elite	10 %
	21	—	12.6	Non-elite	4.8 %
DeSmet（1994）	—	156	15.9	National	10 %
Chang（1995）	99	77	11～16	中国雑技団	24 %
Di Fiori（1997）	17	27	11.6	Non-elite	25 %
Di Fiori（2002）	31	28	9.3	Non-elite	51 %
本研究	172	42	15.7	Non-elite～National	24.8 %

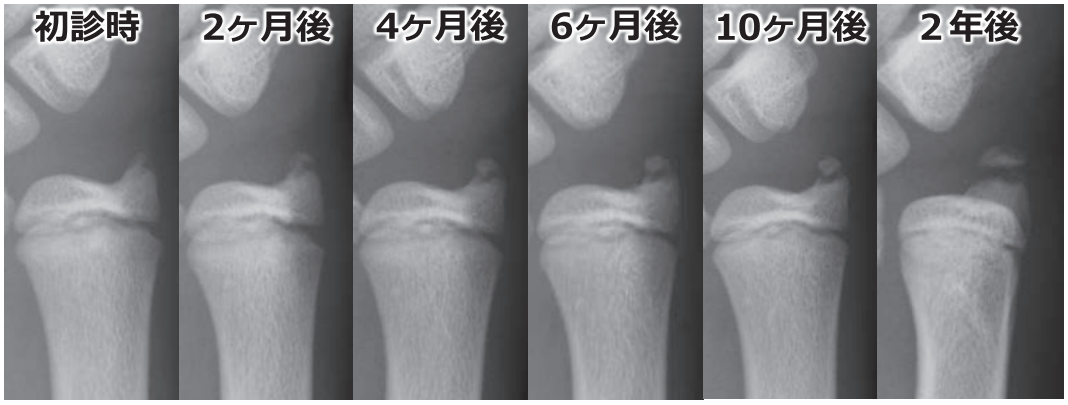


図５　尺骨茎状突起分離の形成の過程を詳細に追えた症例
16 歳男性，鉄棒の逆手車輪での右手関節尺側部を主訴に受診した．初診時の X 線では尺骨茎状突起の骨化は不良であった．数ヵ月間かけて茎状突起骨片の骨化が進行し，初診から２年後には完全に分離した茎状突起骨片が形成されていく様が確認された．

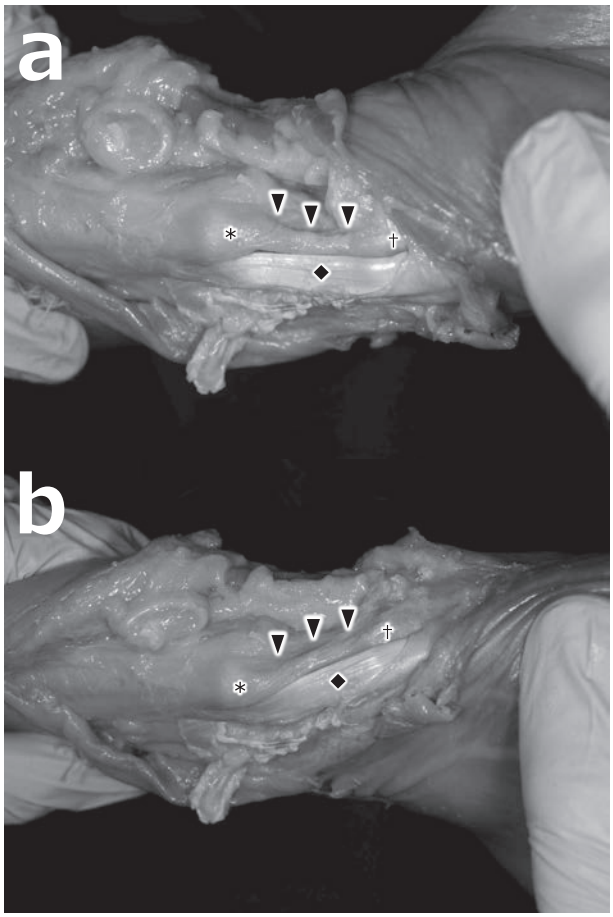


図６　左手関節の尺骨三角骨靱帯の手関節回内外での挙動
尺骨三角骨靱帯は回内位で弛緩し（a），回外位で緊張する（b）．
＊：尺骨茎状突起，†：三角骨，◆：尺側手根伸筋，矢頭：尺骨三角骨靱帯．

もに尺骨茎状突起の分離骨片が形成されていく過程を詳細に追えたものがあった（図 5）．解剖学的検討においては，尺骨茎状突起と三角骨を結ぶ尺骨三角骨靱帯は回外で緊張する（図 6）．そこに懸垂による牽引力が加わった際に，尺骨茎状突起付着部に牽引性ストレスがかかった結果，尺骨茎状突起付着部の骨化障害を呈するのではないかと推察した．野球肘における内側上顆下端裂離骨片や，Osgood-Schlatter disease における脛骨粗面裂離骨片と同様の牽引性障害にあたるのではないかと思われる．一方で橈骨茎状突起分離の症例に関しては，尺骨側ほど病態の理解が進んでいない．ただ，つり輪の前方回転系の手関節の「返し」で痛みを訴える選手を散見する．「返し」と呼ばれる動きは，手関節の掌屈と尺屈の複合運動である（図 7）．手関節橈側の解剖学的検討は行なえていないが，尺骨茎状突起分離と同様，橈骨茎状突起に付着する靱帯成分が橈屈により緊張し，茎状突起に牽引ストレスがかかった結果，牽引性の骨化障害を起こしたことが病態ではないかと推測している．有症状者における特徴の把握や骨片の形成のメカニズムははっきりしておらず，その解明は今後の課題である．

異常所見と疼痛部位の関係では，骨端線の開大・すべり・茎状突起分離とも，疼痛側により多く認められる傾向があった．本研究でみられた X 線の異常が痛みの原因となっていると考えて妥当と思われる．一方で，異常所見がみられたにもかかわらず，痛みの部位と一致しない症例がいたことも事実である．慢性的なストレスにより骨端部の異常が進行し，なお継続してストレスが蓄積して疼痛閾値を上回って初めて，X 線上の異常所見と一致した痛みとして発症するのかもしれない．

X 線で異常所見を認めた 107 手関節のうち，他院へのセカンドオピニオンを求め転帰が全く不明だった 2 手関節を除き，残りの 105 手関節はリハビリテーションをはじめとした保存加療を行ないながら競技を継続または安静ののち復帰した．このように，近々に競技継続を脅かすような病態ではないが，のちに骨の成長障害をきたしうることがこれまでに報告されている．Chang らは，中国雑技団の団員 77 手関節中 2 手関節（2.6％）に橈骨



図７　つり輪の前方回転系の技の１例（ホンマ十字）
a：ホンマ十字の分解写真.
b：上半身を前方に回転させる瞬間，手関節を「返す」．手関節が掌屈・尺屈していることがわかる.

骨端線の早期閉鎖が生じたとし[9]，Lishen らは中国エリート女子選手 18 手関節中 6 手関節（33%）で橈骨成長障害と尺骨高位を生じたと報告した[13]．本研究でも，橈骨骨端すべり後に尺骨高位となった症例（図 8a・b）や，尺骨骨端すべりと橈骨骨端線開大後に尺骨の著しい成長障害と橈骨の変形をきたした症例（図 8c・d）など，骨端損傷に伴う成長障害をきたした症例がみられた．骨端線の残存した未熟な若年選手が手関節への荷重動作を積み重ねた結果，骨端軟骨が障害を受け，不可逆的な成長障害に陥ったものと思われる．

本研究の今後の目標は，X 線の異常所見を呈した症例における成長障害の発生状況を調査すること，そして成長障害をきたす症例の特徴の把握である．そうした特徴を見出すことができれば，初診時の X 線所見から成長障害をきたしやすいと判断できた症例に対し，一定の安静期間を設けるなど，将来的な骨の成長障害や変形を予防するための適切な加療へ導ける可能性がある．

結　　語

橈骨骨端線の開大は骨端線開存例の 32%に認められ，尺骨にも骨端線開大が生じることがわかった．橈尺骨の茎状突起分離という病態が存在し，頻度は低くない．いずれの病態においても競技の継続または復帰は可能だが，中には成長障害をきたす症例がある．長期経過を調査して重篤な成長障害をきたし得る症例の特徴を把握し，予防につなげる必要がある．

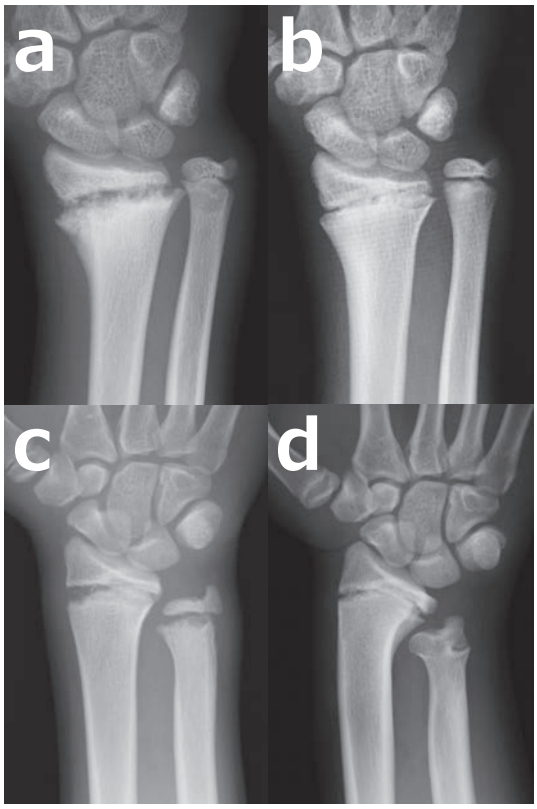


図８　骨端損傷に伴う成長障害をきたした症例
a・b：尺骨高位となった症例（14 歳男性）
初診時に橈骨骨端線すべりがみられ（a），８ヵ月後には尺骨高位が進行していた（b）.
c・d：橈骨高位となった症例（14 歳男性）
初診時に尺骨骨端線すべりと橈骨骨端線開大がみられ（c），４年後には尺骨の成長障害と橈骨の変形がみられた（d）.

謝　　辞

本稿の解剖写真は，慶應大学医学部解剖学教室の今西宣晶先生と，慶應義塾大学医学部クリニカルアナトミーラボのご指導とご協力のもと撮影し，掲載しています．この場をお借りして深謝いたします．

文　　献

1）Caine DJ et al: Gymnastics injuries. Med Sport Sci, 48: 18–58, 2005.
2）Dennis J Caine et al: Handbook of sports medicine and science, gymnastics. 1st ed. John Wiley & Sons, Ltd, New York: 111–124, 2013.
3）大西和友ほか：体操選手に生じた肘関節離断性骨軟骨炎の特徴．日肘関節会誌，20: 115–117, 2013.
4）Roy S et al: Stress changes of the distal radial epiphysis in young gymnasts. A report of twenty-one cases and a review of the literature. Am J Sports Med, 13: 301–308, 1985.
5）Aubergé T et al: Study of bone maturation and osteoarticular lesions in top level sportsmen: A review of 105 cases. J Radiol, 65: 555–561, 1984.
6）Szot Z et al: Overloading changes in the motor system occurring in elite gymnasts. Int J Sports Med, 6: 36–40, 1985.
7）Caine D et al: Stress changes of the distal radial growth plate. A radiographic survey and review of the literature. Am J Sports Med, 20: 290–298, 1992.
8）DeSmet L et al: Gymnast wrist: An epidemiologic survey of ulnar variance and stress changes of the radial physis in elite female gymnasts. Am J Sports Med, 22: 846–850, 1994.
9）Chang CY et al: Wrist injuries in adolescent gymnasts of a Chinese opera school: radiographic survey. Radiology, 195: 861–864, 1995.
10）DiFiori JP et al: Distal radial growth plate injury and positive ulnar variance in nonelite gymnasts. Am J Sports Med, 25: 763–768, 1997.
11）DiFiori JP et al: Wrist pain, distal radial physeal injury, and ulnar variance in young gymnasts: does a relationship exist? Am J Sports Med, 30: 879–885, 2002.
12）関口貴博ほか：体操競技における上肢外傷と障害に対するリハビリテーション．臨スポーツ医．35: 1318–1323, 2018.
13）Lishen Q et al: Epiphyseal injury in gymnasts. Chinese J Sports Med, 2: 7–12, 1983.

高度不安定膝に対する前十字靱帯再建と前外側支持機構再建の同時併用術の有効性 —Inertial sensor を用いた pivot shift test の定量評価—

Effectiveness of Extra-articular Reconstruction Concomitant with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction for the Cases which Demonstrate Gross Instability —Quantitative Evaluation of the Pivot Shift Test Using an Inertial Sensor—

安間三四郎　Sanshiro Yasuma
小林　真　Makoto Kobayashi
村上　英樹　Hideki Murakami
野崎　正浩　Masahiro Nozaki
川西　佑典　Yusuke Kawanishi

●Key words
Anterior cruciate ligament：Anterolateral ligament：Pivot shift test

●要旨
目的：pivot shift test における不安定性（動的不安定性）の大きい前十字靱帯（ACL）損傷膝に対する ACL 再建術に追加する前外側支持機構（anterolateral structure；ALS）再建術の有効性を inertial sensor を用いて定量評価することである．
方法：高度な動的不安定性を呈する ACL 損傷患者 33 例に対して二重束 ACL 再建術を施行した群（ACLR 群，20 例）と ACL と ALS の同時再建術を施行した群（2R 群，13 例）に分類し，inertial sensor を用いて術前と術中の動的安定性の定量評価を行なった．
結果：2R 群において ACL 再建に ALS 再建を追加することで動的安定性が改善し，また 2R 群は ACLR 群よりも術直後の動的安定性が高かった．
結論：高度な動的不安定性を呈する ACL 損傷膝に対し ACL 再建術に ALS 再建術を追加することで膝安定性を改善できる可能性がある．

はじめに

前十字靱帯（ACL）損傷膝において pivot shift test は膝動的不安定性の評価に用いられ，臨床成績と相関するとされている[1]．ACL 再建術前の pivot shift test における不安定性（動的不安定性）が高度な症例では ACL 再建術後に不安定性が残存しやすく[2]，また再 ACL 再建術を要するオッズ比が大きいとされ[3]，その治療方法が問題となっている．

近年，前外側支持機構（anterolateral structure；ALS）が，ACL 損傷膝における二次制御機構として注目されている．ACL 損傷膝に ALS 損傷を加えることで動的不安定性が増大するが，それらに対して ACL・ALS の同時再建術を施行することで不安定性が改善されることが，屍体膝を用いた基礎研究で報告されている[4, 5]．さらに臨床において，術前に高度な動的不安定性を呈する症例で ALS 損傷を合併しやすいとされ[6]，

安間三四郎
〒 467-8602　名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1 番地
名古屋市立大学大学院医学研究科整形外科
TEL 052-853-8236
名古屋市立大学大学院医学研究科整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nagoya City University, Graduate School of Medical Sciences

ACL・ALS の同時再建術が，スポーツ復帰率の向上[7]，移植腱断裂の減少[8]，pivot shift test の陽性率の低下[9] に対して有効であったと報告されている．しかしその一方で，ALS 損傷が膝動的安定性に与える影響は少ないため，ACL 再建術に追加する ALS 再建術は膝安定性に影響しないとする報告も散見され[10, 11]，ALS の生体力学的機能や ACL 再建術に追加する ALS 再建術の適応についての一定の見解は得られていない[12~15]．

われわれは，ACL 損傷膝に対する inertial sensor を用いた pivot shift test の定量評価の有用性を，先行する基礎研究[16] と臨床研究[17] において報告した．本研究の目的は，臨床において高度な動的不安定性を呈する ACL 損傷膝に対する ACL・ALS 同時再建術の有効性を，inertial sensor を用いた pivot shift test の定量評価により検証することである．本研究の仮説は「高度な動的不安定性を呈する ACL 損傷膝において，ACL・ALS 同時再建術は ACL 単独再建術と比較して動的不安定性をより改善させる」ことである．

症例と方法

本研究は施設の医学系研究倫理審査委員会の承認を得て行なった．

2014 年 5 月～2019 年 4 月までの間に術前麻酔下において grade 3 pivot shift[18] を呈した ACL 損傷膝のうち，骨付き膝蓋腱移植腱使用例，再 ACL 再建症例，複合靱帯損傷例，両側受傷例を除外した 33 症例を対象として後ろ向きに調査を行なった．それらの症例を，ACL 単独再建術を施行した群（ACLR 群：20 例，平均年齢：23.2±9.2 歳，男性：4 例，女性：16 例，2014 年 5 月～2019 年 4 月）と ACL・ALS 同時再建術を施行した群（2R 群：13 例，平均年齢：26.5±10.1 歳，男性：8 例，女性：5 例，2016 年 8 月～2019 年 4 月）に分類した．患者背景として ACLR 群と 2R 群の間に性差を認めた（表 1）．

ACL 再建は自家半腱様筋腱を用いた二重束再建を行ない，大腿骨側を ENDBUTTON CL（Smith & Nephew 社）または TightRope RT（Arthlex 社）で固定した後，後外側束を膝伸展位 30N，前内側束を膝屈曲 30 度 40N でステープル固定した．ALS 再建術は 2 重折の薄筋腱を用いて，Gerdy 結節と腓骨頭の中点に脛骨骨孔を作成し，大腿骨孔は lateral epicondyle のやや近位・後方に作製した．移植腱を腸脛靱帯の腹側に通し，膝関節屈曲 30 度，中間位にて interference screw で固定した（図 1）．

膝安定性の定量評価は全身麻酔下に行ない，inertial sensor を使用した pivot shift test の定量評価と Rolimeter（DJO LLC, Vista, CA）による脛骨前方移動量（ATT）を計測した（図 2）．ATT は膝関節 30 度屈曲位において単独検者が徒手最大筋力を加えて計測した．定量評価は術前の患側と健側，術中評価は ACLR 群においては ACL 再建術直後，2R 群においては ACL 再建術直後とさらに ALS 再建術を追加した直後に計測した．

Pivot shift test の定量評価は inertial sensor（MVP-RF8-BC, MicroStone Corporation, Japan）を脛骨粗面に固定し，9 回の手技を繰り返し行ない手技中の加速度と外旋角速度を測定した．連続する中央 3 回の手技の平均値を算出し，患健差を評価した（図 3）．

統計解析は，2 群間の比較に Wilcoxon signed-rank test を，3 群間の比較に Friedman test（Holm post hoc）を行ない，$p<0.05$ を有意差ありとした．

結　　果

ATT（mm）は ACLR 群，2R 群ともに ACLR 術直後は術前よりも有意に小さかった（表 2，図 4）．

表 1　患者背景

	ACLR 群：20 例	2R 群：13 例	p 値
性別	男：4　女：16	男：8　女：5	0.027
年齢	23.2±9.2	26.5±10.1	0.15
身長（cm）	161.8±6.3	166.5±6.4	0.052
体重（kg）	62.3±9.9	65.9±10.1	0.32
Body mass index（BMI）	23.9±4.1	23.6±2.3	0.70
術前患側または健側膝の 10° 以上の過伸展	1 例（5%）	1 例（8%）	1.0
受傷～再建術の期間（ヵ月）中央値［四分位範囲］	4.0［3～8.3］	12.0［4.8～24.0］	0.06
術前 Tegner activity scale	7.0±1.6	7.4±1.3	0.62
半月板損傷	14 例（70%）	12 例（92%）	0.20
半月板縫合術	13 例（65%）	11 例（85%）	0.26

Fisher's exact test：性別，10° 以上の膝過伸展，半月板損傷，半月板縫合
Wilcoxon rank-sum test：年齢，身長，体重，BMI，受傷～再建術の期間

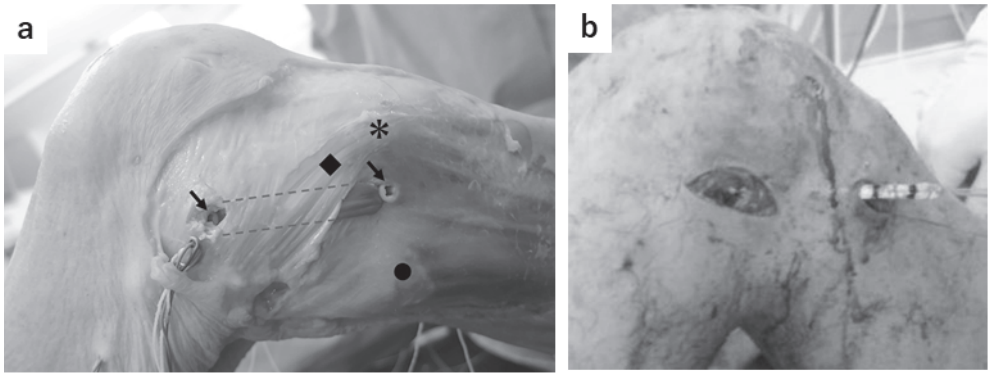


図 1　ALS 再建術
a：ALS 再建術を施行後の屍体膝（皮膚，皮下脂肪を除去後）.
◆＝腸脛靱帯，＊＝Gerdy 結節，●＝腓骨頭，破線＝腸脛靱帯の下を通る ALS の移植腱，矢印＝ALS の移植腱を固定した interference screw（大腿骨側と脛骨側）.
b：臨床における ALS 再建術.

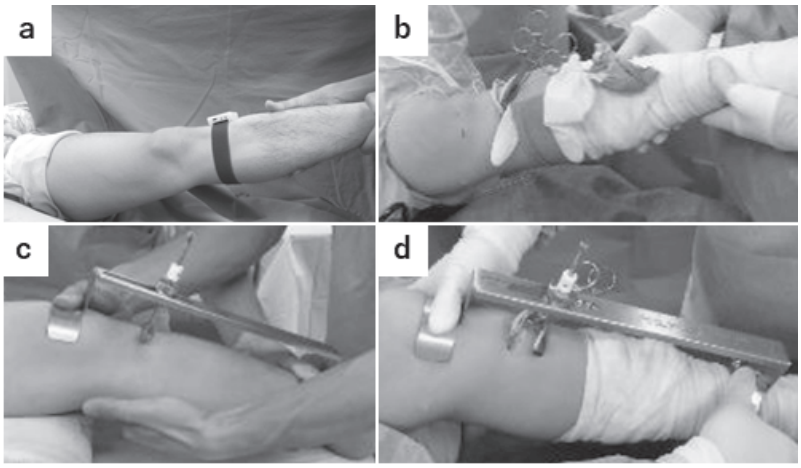


図 2　膝安定性の定量評価
Inertial sensor を使用した pivot shift test の定量評価.
a：術前，b：術中（滅菌手袋に入れた inertial senor をテープ固定して評価）.
Rolimeter を使用した脛骨前方移動量（ATT）の評価．c：術前，d：術中.

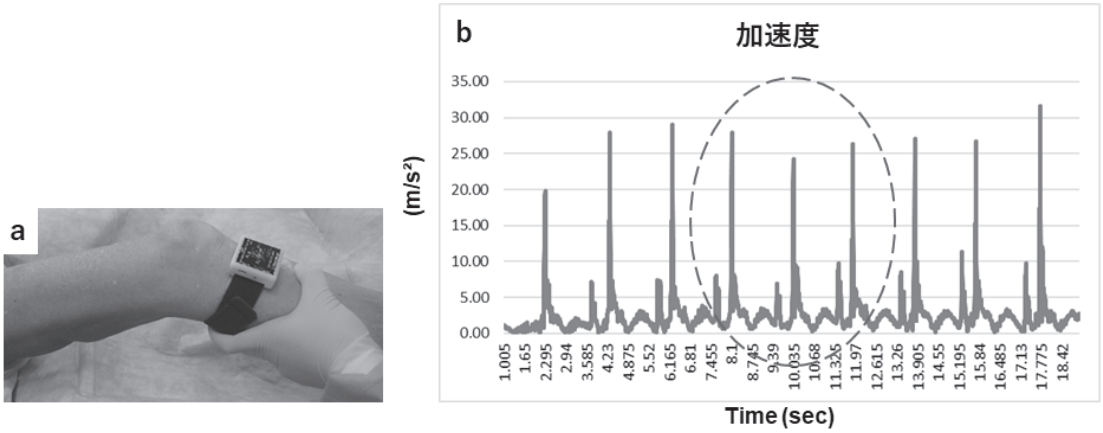


図 3　Inertial sensor を使用した pivot shift test の定量評価
a：Inertial sensor を脛骨結節に固定し pivot shift test を繰り返し施行.
b：9 回の手技のうち，連続する中央 3 回の手技を抽出し平均値を算出.

表２　脛骨前方移動量［ATT（mm）］の患健差（患側−健側）の比較（平均値±標準偏差）

	術前	ACLR 術直後	2R 術直後
ACLR 群	6.6 ± 1.3	− 0.9 ± 0.9◎	
2R 群	7.7 ± 1.5	− 0.9 ± 0.7◎	− 1.1 ± 0.9◎

◎：術前との間に有意差あり（$p<0.01$）

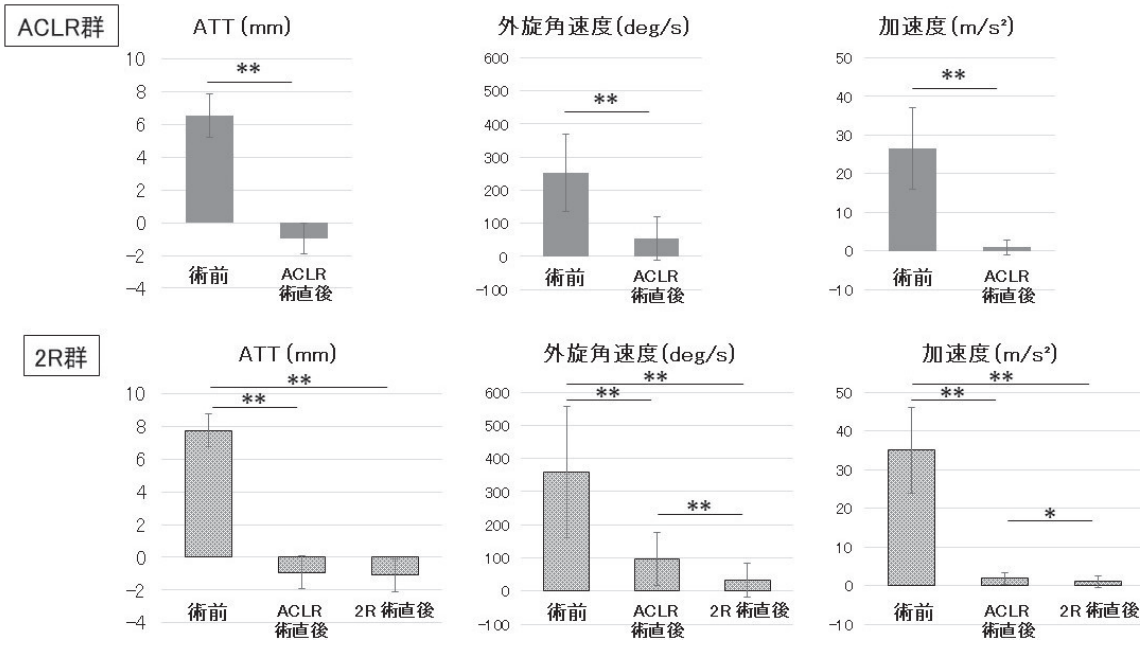


図４　術前と再建術直後における患健差（患側−健側）の比較
＊$p<0.05$，＊＊$p<0.01$.

表３　Pivot shift test における外旋角速度と加速度の患健差（患側−健側）の比較（平均値±標準偏差）

	外旋角速度（deg/s）			加速度（m/s^2）		
	術前	ACLR 術直後	2R 術直後	術前	ACLR 術直後	2R 術直後
ACLR 群	251.6 ± 116.5	54.9 ± 65.5◎		26.5 ± 10.5	1.0 ± 1.9◎	
2R 群	359.4 ± 198.0	97.5 ± 79.3◎	32.4 ± 51.7◎,○	35.0 ± 11.0	1.9 ± 1.5◎	1.0 ± 1.5◎,△

◎：術前との間に有意差あり（$p<0.01$）
○：ACLR 術直後との間に有意差あり（$p<0.01$），△：ACLR 術直後との間に有意差あり（$p<0.05$）

Pivot shift test における外旋角速度（deg/s）と加速度（m/s^2）は，ACLR 群，2R 群ともに ACLR 術直後は術前よりも有意に小さかった．さらに 2R 群において，2R 術直後は ACLR 術直後と比較して外旋角速度と加速度が有意に小さかった（表３，図４）．

考　　察

本研究において術前 grade 3 pivot shift を呈する症例に対し ACL 再建術を施行することにより術直後の ATT，pivot shift test における外旋角速度と加速度は術前と比較して有意に低下した．また，ACL 再建術に ALS 再建術を追加することにより，術直後の pivot shift test における外旋角速度と加速度がさらに低下したことから，ACL 再建術に追加する ALS 再建術により動的安定性がより改善される可能性が示唆された．

Ueki らは術前に高度な動的不安定性を認める症例や再 ACL 再建症例に対して ACL・ALS の同時再建術を施行し，三軸加速度計を用いた膝動的安定性の術中定量評価を報告している[19]．その中で，ACL 再建術直後の pivot shift test における加速度は健側膝と比較して大きかったが，ALS 再建術を追加することで加速度が ACL 再建術直後と比較して有意に減少したとしている．本研究はこれらの研究結果を支持するものであった．

本研究の限界として，症例数が少ないこと，両群間の性差（ACLR 群で女性が多く，2R 群で男性が多い）による影響が考えられること，ACLR 群と 2R 群で症例数に偏りがあることがあげられ，今後症例数を増やした検討が必要である．

結　　語

高度な動的不安定性を呈する ACL 損傷膝に対する ACL・ALS 同時再建術の有効性を，inertial sensor を用いた pivot shift test の定量評価により検証した．ACL 再建術に ALS 再建術を追加することで術直後の動的安定性をさらに改善できる可能性が示唆された．

文　　献

1）Ayeni OR et al: Pivot shift as an outcome measure for ACL reconstruction: a systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 20: 767–777, 2012.
2）Yamamoto Y et al: Greater laxity in the anterior cruciate ligament–injured knee carries a higher risk of postreconstruction pivot shift: intraoperative measurements with a navigation system. Am J Sports Med, 46: 2859–2864, 2018.
3）Magnussen RA et al: Effect of high-grade preoperative knee laxity on anterior cruciate ligament reconstruction outcomes. Am J Sports Med, 44: 3077–3082, 2016.
4）Rasmussen MT et al: An in vitro robotic assessment of the anterolateral ligament, part 1: secondary role of the anterolateral ligament in the setting of an anterior cruciate ligament injury. Am J Sports Med, 44: 585–592, 2016.
5）Nitri M et al: An in vitro robotic assessment of the anterolateral ligament, part 2: anterolateral ligament reconstruction combined with anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 44: 593–601, 2016.
6）Song GY et al: Risk factors associated with grade 3 pivot shift after acute anterior cruciate ligament injuries. Am J Sports Med, 44: 362–369, 2016.
7）Sonnery-Cottet B et al: Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up. Am J Sports Med, 43: 1598–1605, 2015.
8）Sonnery-Cottet B et al: Anterolateral ligament reconstruction is associated with significantly reduced ACL graft rupture rates at a minimum follow-up of 2 years: a prospective comparative study of 502 patients from the SANTI study group. Am J Sports Med, 45: 1547–1557, 2017.
9）Lee DW et al: Clinical outcomes of isolated revision anterior cruciate ligament reconstruction or in combination with anatomic anterolateral ligament reconstruction. Am J Sports Med, 47: 324–333, 2019.
10）Stentz-Olesen K et al: Reconstructing the anterolateral ligament does not decrease rotational knee laxity in ACL-reconstructed knees. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 25: 1125–1131, 2017.
11）Araki D et al: The anterolateral structure of the knee does not affect anterior and dynamic rotatory stability in anterior cruciate ligament injury: quantitative evaluation with the electromagnetic measurement system. Am J Sports Med, 47: 3381–3388, 2019.
12）Sabzevari S et al: Anatomic and histological investigation of the anterolateral capsular complex in the fetal knee. Am J Sports Med, 45: 1383–1387, 2017.
13）Musahl V et al: The anterolateral complex and anterolateral ligament of the knee. J Am Acad Orthop Surg, 26: 261–267, 2018.
14）Getgood A et al: The anterolateral complex of the knee: results from the international ALC consensus group meeting. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 27: 166–176, 2019.
15）Golan EJ et al: Anterior cruciate ligament injury and the anterolateral complex of the knee–importance in rotatory knee instability? Curr Rev Musculoskelet Med, 12: 472–478, 2019.
16）Murase A et al: Comparison of quantitative evaluation between cutaneous and transosseous inertial sensors in anterior cruciate ligament deficient knee: A cadaveric study. J Orthop Sci, 22: 874–879, 2017.
17）安間三四郎ほか：Inertial sensor を使用した膝回旋不安定性の定量評価―術前 grade 3 pivot shift を呈する症例とそれ以外の比較・検討―．JOSKAS, 43: 128–129, 2018.
18）International Knee Documentation Committee（IKDC）knee examination form, 2000.
19）Ueki H et al: Contribution of additional anterolateral structure augmentation to controlling pivot shift in anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 47: 2093–2101, 2019.

2重束前十字靱帯再建術時に Knotless Suture Anchor を用いた 外側半月板縫合術後，新たに生じた半月板損傷の1例

Newly Formed Meniscal Tear after Lateral Meniscal Repair with Knotless Suture Anchor during Double-bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: a Case Report

富原　朋弘[1)]　Tomohiro Tomihara
瀧上　順誠[1)]　Junsei Takigami
島田　永和[1)]　Nagakazu Shimada
谷内　政俊[1)]　Masatoshi Taniuchi
橋本　祐介[2)]　Yusuke Hashimoto

●Key words
膝，半月板縫合，前十字靱帯
Knee：Meniscal repair：Anterior cruciate ligament

●要旨
2重束前十字靱帯再建術およびKnotless Suture Anchorを用いた外側半月板縫合後3年2ヵ月で，半月板縫合部位以外での新たな半月板損傷が生じ外側半月板部分切除術を要した症例を報告した．Knotless Suture Anchorの刺入部位（無血行野）や刺入針の直径が大きいこと，Knotless Suture Anchor使用本数が多いことなどが半月板縫合術後の新たな半月板損傷の原因と過去に報告されている．本症例ではKnotless Suture Anchor使用本数は少なかったが新たな損傷をきたした．その原因に膝窩筋腱裂孔周囲での縫合であったため，刺入方向が理想的ではなく刺入部位損傷が広がった可能性が示唆された．

はじめに

膝前十字靱帯（ACL）再建時における半月板温存は，膝変形性関節症性変化を防止するだけではなく，術後膝安定性に重要であり，半月板縫合術などによる半月板温存が提唱されている[1)]．

近年半月板縫合術において皮切が不要で神経血管損傷が少ないとされているKnotless Suture Anchorが開発されており，内側半月板後節損傷（Ramp lesion）や断裂範囲が小さい（長さ15 mmまで）外側半月板損傷において，Knotless Suture Anchorを用いることがある[2)]．しかし，Knotless Suture Anchorの合併症として，半月板縫合部位以外での新たな半月板損傷が過去に報告されている[3)]．

その原因として，Knotless Suture Anchorの刺入部位（無血行野）や刺入針の直径が大きいこと，Knotless Suture Anchor使用本数が多いことなどが考えられている[3)]．今回，2重束前十字靱帯再建術時に膝窩筋腱裂孔周囲の外側半月板損傷に対して，Knotless Suture Anchorを用いた外側半月板縫合術を行ない，Knotless Suture Anchor使用本数は少なかったが，刺入方向が理想的ではないため刺入部位損傷が広がり，術後3年2ヵ月で半月板部分切除術を要した1例を経験したので報告する．

富原朋弘
〒583-0875　羽曳野市樫山100-1
運動器ケアしまだ病院整形外科
TEL 072-953-1001

1）運動器ケアしまだ病院整形外科
Dept of Orthopedic Surgery, Shimada Hospital
2）大阪市立大学大学院医学研究科整形外科
Dept of Orthopedic Surgery, Osaka City University Graduate School of Medicine

症　　例

40 歳女性.

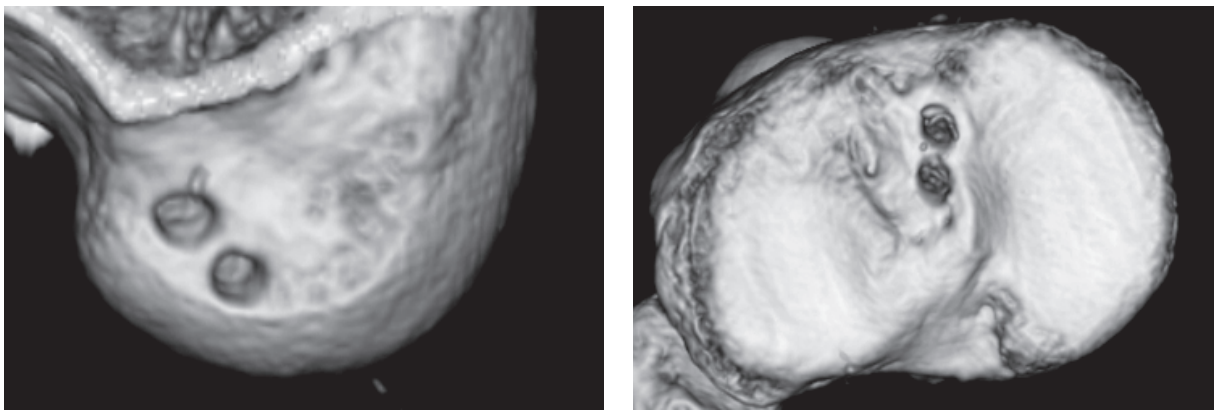
バレーボールのスパイクの着地で左膝を捻って受傷. 理学所見で Lachman test 陽性，MRI で ACL 損傷が指摘された．ACL 損傷 1 ヵ月後，半腱様筋腱による 2 重束前十字靱帯再建術（図 1）および外側半月板縫合術を行なった．外側半月板は体部に軽度変性がみられ，中・後節移行部の血行野辺縁部縦断裂がみられた．断裂長は 15 mm 未満であったが，プロービングによる不安定性がみられたため，Knotless Suture Anchor（FasT-Fix360 カーブ：Smith and Nephew）2 本を用いて半月板縫合術を行なった（図 2）．Knotless Suture Anchor 刺入方法は，膝窩筋腱へのアンカー設置を避けるため，1 本目の device を半月板断裂部より内縁から刺入後（図 3a），膝窩筋腱内側に向けて 1 つ目のアンカーを設置した（図 3b）．引き続き半月板断裂部を乗り越えて膝窩筋腱内側縁より内側で半月板–滑膜移行部から刺入し（図 3c），2 つ目のアンカーを設置した（図 3d）．専用のノットプッシャーで付属する縫合糸（2-0 非吸収糸）を結紮，半月板断裂部を引き寄せ，形成されたノット上で糸をカットした．同様の方法で，膝窩筋腱外側に 2 つのアンカーが設置されるように 2 本目の device を刺入し，半月板断裂部を安定化させた（図 3e）．軟骨損傷は大腿骨外顆：Outerbridge 分類 grade 1，脛骨外側プラトー：grade 2 であった.

術後 6 週間の松葉杖歩行，術後 3 ヵ月でジョギングを行ない，術後 8 ヵ月での KT-1000 による徒手最大前方引き出し量健患差（KT 値）1.0 mm であった．術後 10 ヵ月でスポーツ活動に復帰するも，ACL 再建術後 3 年 1 ヵ月で膝深屈曲位から伸展時に，膝ひっかかり症状が生じた．再診時膝関節内に腫脹はなく，KT 値は 1.2 mm であったが，MRI で初回手術時の外側半月板断裂部位より内縁に断裂像が存在したため（図 4），外側半月板再損傷と診断し，2 重束前十字靱帯再建術後 3 年 2 ヵ月で全身麻酔下に追加手術を行なった．麻酔下での Lachman test，Pivot shift test は陰性であり，関節鏡視下での再建 ACL 所見は滑膜被覆良好で十分な緊張がみられた（図 5a）．外側半月板については，Knotless Suture Anchor で縫合した辺縁部断裂は治癒していたが，初回手術時半月板断裂部より内縁の Knotless Suture Anchor 刺入部位でバケツ柄断裂が存在した（図 5b）．無血行野であり，変性が強かったために外側半月板部分切除術を行なった（図 5c, d）．Knotless Suture Anchor の縫合糸の緩みやアンカーの脱転などはみられなかったが，縫合糸の間隔が 15 mm 以上であった（図 5c：矢印）．また軟骨損傷は大腿骨外顆：Outerbridge 分類 grade 2，脛骨外側プラトー：grade 2 であった.

外側半月板部分切除術後，荷重や膝可動域制限などは行なわず，術後 3 ヵ月でバレーボールに復帰した．外側半月板部分切除術 1 年 4 ヵ月後（初回 2 重束前十字靱帯再建術 4 年 6 ヵ月後）KT 値 1.5 mm で，術後水腫，疼痛はなく，単純 X 線画像では関節症変化の進行は認められなかった．またバレーボール競技も継続している.

考　　察

ACL 損傷に伴う半月板損傷に対して，半月板温存が提唱されており，さまざまな半月板縫合方法やそれらの臨床成績が報告されている[4, 5]．Knotless Suture Anchor を用いた半月板縫合術では，Inside-out 法と比べて，1）膝後内側や後外側への追加皮切を要しないこと，2）神経・血管損傷リスクを減らすことができる，3）手術方法が簡素であることなどから[3, 6]，内側半月板後節損傷（Ramp lesion）や断裂範囲が比較的小さい外側半月板損



a　　b

図 1　2 重束前十字靱帯再建術後 1 週での CT 画像
a：大腿骨外顆顆間内側壁.
b：脛骨関節面.

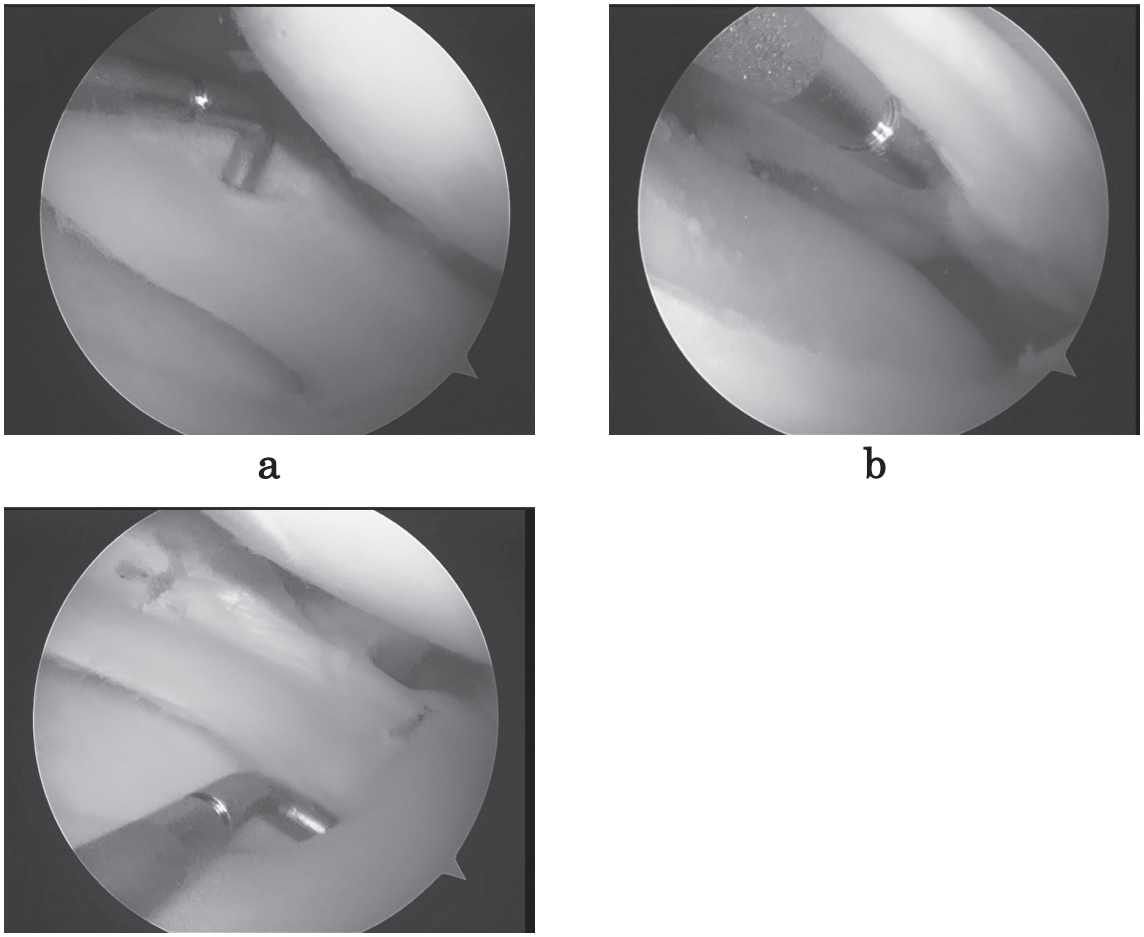


図２　初回２重束前十字靱帯再建術時での外側半月板手術所見
a：外側半月板縦断裂.
b：外側半月板断裂部位でのプロービング.
c：Knotless Suture Anchor による外側半月板縫合術後.

傷などに用いられており[2]，良好な臨床成績が報告されている[6, 7].

一方で，Knotless Suture Anchor の合併症も散見される．術中アンカーの不適切なフリップによる半月板断裂部位の開大[8]，アンカーの埋没や折損も報告されている[2, 8, 9]．術後合併症としては，半月板縫合部位の再断裂[10]，縫合糸のノットによる軟骨損傷[3]，半月板嚢腫形成[11, 12]や初回半月板縫合部位とは異なった箇所に新しく生じた半月板損傷（Newly formed tear）などがある[3].

Knotless Suture Anchor 使用後の Newly formed tear 発生の原因として，半月板無血行野への刺入や In-side-out 法に比べて刺入針の直径が大きく，刺入部位に裂け目が残存することなどが関与するとされている[3]. ACL 再建術時に伴った半月板損傷に対して Knotless Suture Anchor 使用後の Newly formed tear の発生頻度に関して，Choi ら[2]は内・外側半月板後節に用いた 25 例中 1 例（4.0％）において，再鏡視時に治癒した半月板縫合部より内縁に Newly formed tear があり半月板部分切除術を行なったとしている．Tachibana ら[3]は半月板縦断裂に対する縫合後，術後平均 14.3 ヵ月で再鏡視を行ない半月板縫合後完全治癒・不完全治癒半月板の 34.5％（19 例/65 例）に Newly formed tear がみられたとしている．Newly formed tear は半月板縫合部位より内縁で生じることが多いとされている[13]．また Knotless Suture Anchor 使用本数が多いほど半月板再損傷が多いとされている[14]．以上から半月板損傷が広範囲になると Knotless Suture Anchor 使用本数が多くなり，Newly formed tear 発生頻度が高くなると考えられるため Newly formed tear 発生を防ぐには，他の半月板縫合方法と組み合わせて，Knotless Suture Anchor 使用本数を減らすことなどが提唱されている[3]．本症例で用いた Knotless Suture Anchor は 2 本だけであったが，膝窩筋腱へのアンカー設置を避けたため（図 3e），縫合糸は半月板 Radial fiber の線維方向に対して平行ではなく角度をつけての設置となった．その後，縫合糸が結紮時に Circumferential fiber に沿って移動し[15]，可動性の大きいとされる膝窩筋腱裂孔周囲の外側半月板損傷が生じたと考えられた（図 2c，図 3f，図 5c）[16, 17, 18].

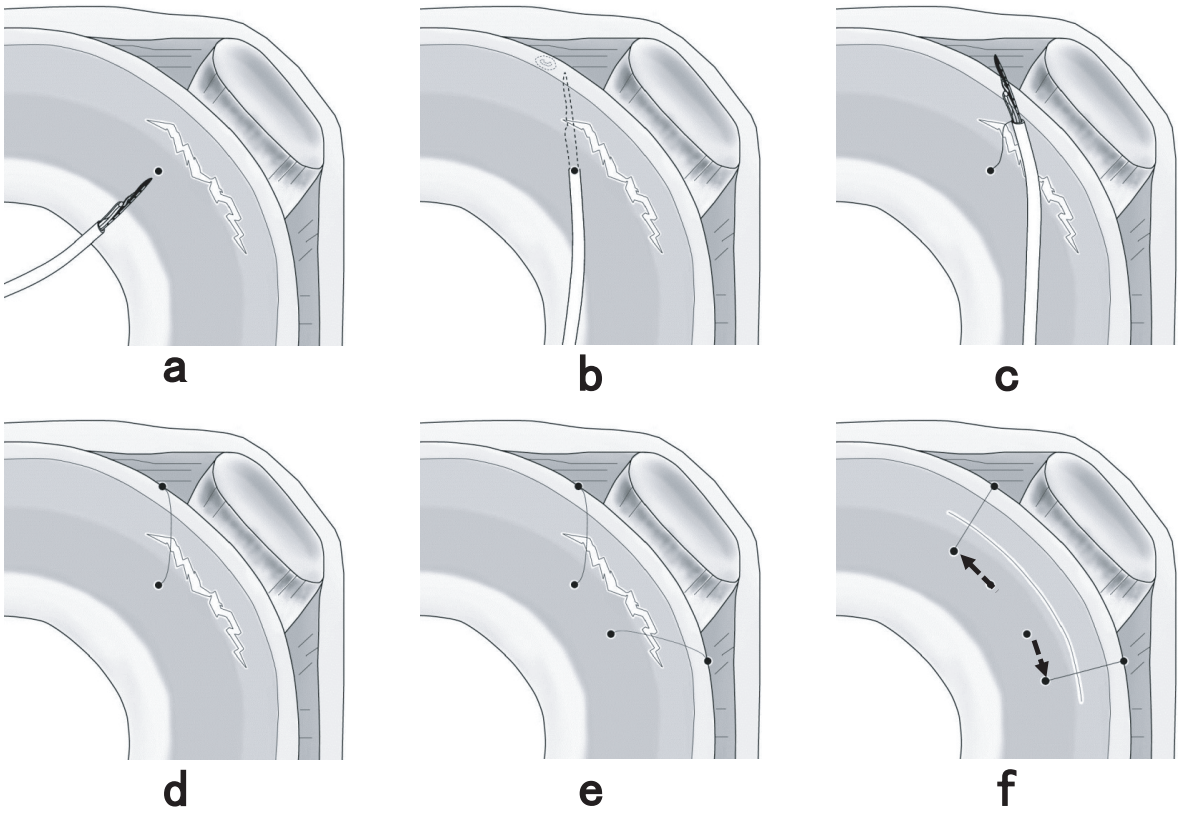


図３　Knotless Suture Anchor 刺入方法
a：１本目の device を半月板断裂部より内縁から刺入.
b：膝窩筋腱内側に向けて１つ目のアンカーを設置.
c：半月板断裂部を乗り越えて膝窩筋腱内側縁より内側で半月板–滑膜移行部から刺入.
d：２つ目のアンカーを設置.
e：膝窩筋腱外側に２つのアンカーが設置されるように２本目の device を刺入.
f：縫合糸が結紮時に Circumferential fiber に沿って移動（黒破線矢印）.

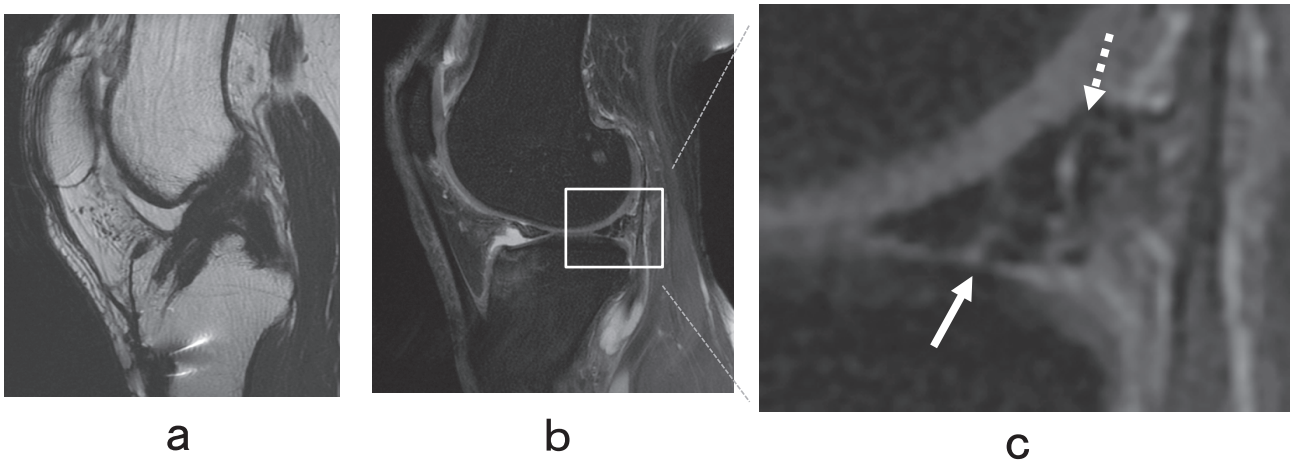


図４　２重束前十字靱帯再建術後３年１ヵ月での MRI 画像
a：再建 ACL 矢状断.
b：外側半月板矢状断.
c：‘b’ の拡大図（白矢印：Newly formed tear，白破線矢印：初回半月板断裂部位）.

他の原因としては，ACL 再建術時に既存していた外側半月板変性[19]や ACL 再建術後の膝回旋動揺性[16, 20]なども考えられる．Newly formed tear 発生を予防するためには，Knotless Suture Anchor 使用本数を減らすだけではなく，1）縫合糸を半月板 Radial fiber の線維方向にできる限り平行かつ Circumferential fiber に垂直方向に設置できるように device を刺入すること，2）関節内操作で半月板縫合を完結できる All-inside suture 法[21]

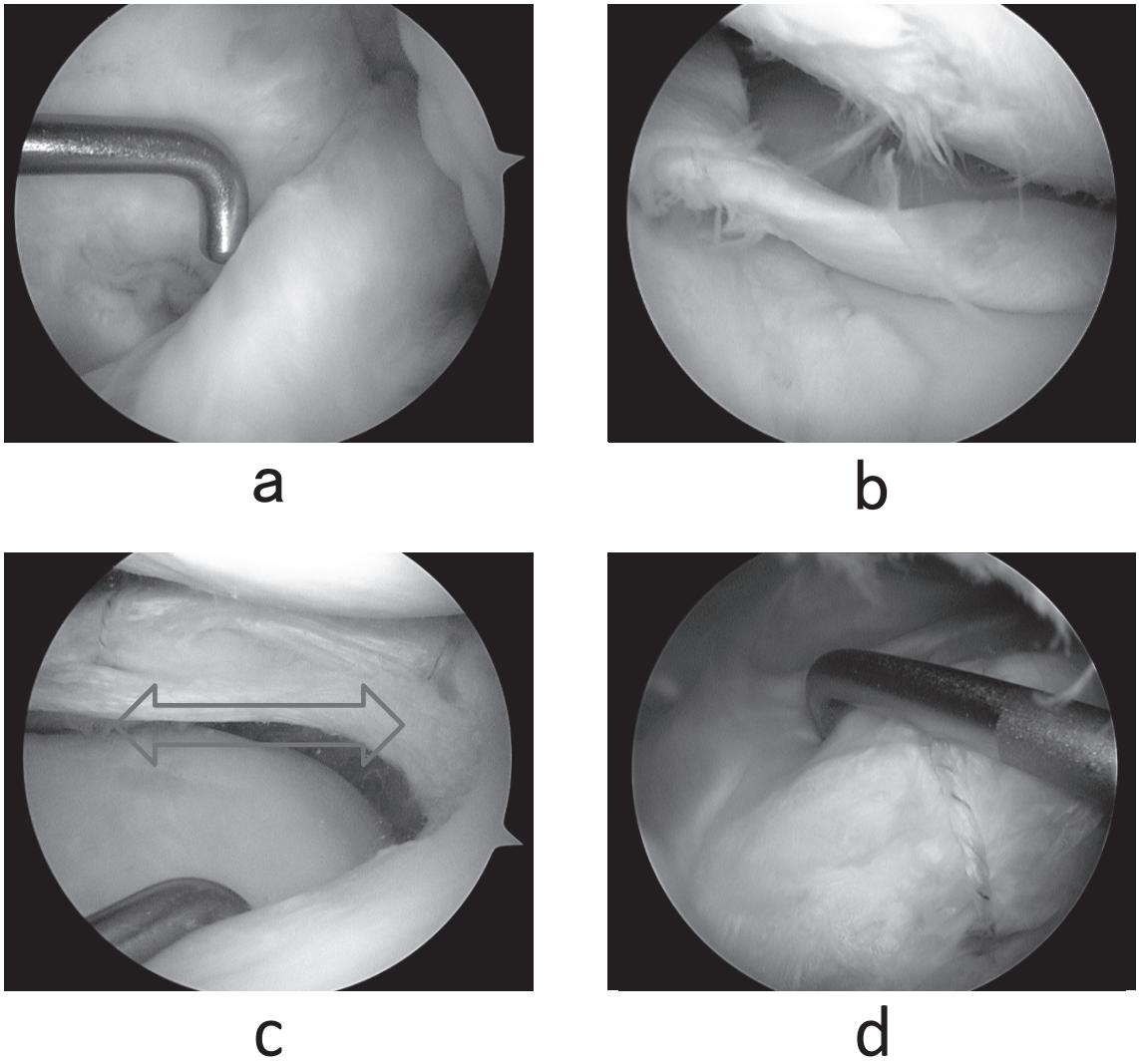


図５　２重束前十字靱帯再建術後３年２ヵ月での手術所見
a：再建 ACL，b：外側半月板バケツ柄断裂，c：外側半月板部分切除後（両矢印：縫合糸間隔）．
d：外側半月板部分切除後（縫合糸から半月板外周辺部にかけての鏡視）．

の選択などが考えられる．

文　　献

1）DePhillipo NN et al: Incidence and detection of meniscal ramp lesions on magnetic resonance imaging in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 45: 2233–2237, 2017.
2）Choi NH et al: Suture versus FasT-Fix all-inside meniscus repair at time of anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 30: 1280–1286, 2014.
3）Tachibana Y et al: Repair integrity evaluated by second-look arthroscopy after arthroscopic meniscal repair with the FasT-Fix during anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 38: 965–971, 2010.
4）Ramappa AJ et al: A biomechanical evaluation of all-inside 2-stitch meniscal repair devices with matched inside-out suture repair. Am J Sports Med, 42: 194–199, 2014.
5）Thaunat M et al: Repair of meniscal ramp lesions through a posteromedial portal during anterior cruciate ligament reconstruction: outcome study with a minimum 2-year follow-up. Arthroscopy, 32: 2269–2277, 2016.
6）Kotsovolos ES et al: Results of all-inside meniscal repair with the FasT-Fix meniscal repair system. Arthroscopy, 22: 3–9, 2006.
7）Popescu D et al: Meniscal repair using the FasT-Fix device in patients with chronic meniscal lesions. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 18: 546–550, 2010.
8）Walgrave S et al: High incidence of intraoperative anchorage failure in FasT-fix all inside meniscal suturing device. Acta Orthop Belg, 79: 689–693,

2013.
9）Calder SJ et al: Broken arrow: a complication of meniscal repair. Arthroscopy, 15: 651–652, 1999.
10）Laurendon L et al: Prognostic factors for all-inside meniscal repair. A 87-case series. Orthop Traumatol Surg Res, 103: 1017–1020, 2017.
11）Nishino K et al: Incidence and risk factors for meniscal cyst after meniscal repair. Arthroscopy, 35: 1222–1229, 2019.
12）Terai S et al: Prevalence, development, and factors associated with cyst formation after meniscal repair with the all-inside suture device. Arch Orthop Trauma Surg, 139: 1261–1268, 2019.
13）Pujol N et al: Amount of meniscal resection after failed meniscal repair. Am J Sports Med, 39: 1648–1652, 2011.
14）Poland S et al: Age of 40 years or older does not affect meniscal repair failure risk at 5 years. Arthroscopy, 35: 1527–1532, 2019.
15）Masoudi A et al: Biomechanical evaluation of an all-inside suture-based device for repairing longitudinal meniscal tears. Arthroscopy, 31: 428–434, 2015.
16）Aman ZS et al: Quantitative and qualitative assessment of posterolateral meniscal anatomy: defining the popliteal hiatus, popliteomeniscal fascicles, and the lateral meniscotibial ligament. Am J Sports Med, 47: 1797–1803, 2019.
17）Ahn JH et al: Arthroscopic meniscus repair for recurrent subluxation of the lateral meniscus. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 26: 787–792, 2018.
18）Van Steyn MO et al: The hypermobile lateral meniscus: a retrospective review of presentation, imaging, treatment, and results. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 24: 1555–1559, 2016.
19）Horibe S et al: Second-look arthroscopy after meniscal repair. Review of 132 menisci repaired by an arthroscopic inside-out technique. J Bone Joint Surg Br, 77: 245–249, 1995.
20）Musahl V et al: The effect of medial versus lateral meniscectomy on the stability of the anterior cruciate ligament-deficient knee. Am J Sports Med, 38: 1591–1597, 2010.
21）Beamer BS et al: Analysis of a new all-inside versus inside-out technique for repairing radial meniscal tears. Arthroscopy, 31: 293–298, 2015.

荷重による足部アーチの変化が Jones 骨折の発生に与える影響

Change of the Foot Arch by Weight Bearing Affects Jones Fracture in Male University Soccer Players

藤高　紘平[1)]　Kohei Fujitaka
小川　宗宏[2)]　Munehiro Ogawa
熊井　　司[4)]　Tsukasa Kumai
谷口　　晃[2)]　Akira Taniguchi
大槻　伸吾[3)]　Shingo Otsuki
田中　康仁[2)]　Yasuhito Tanaka

●Key words
サッカー，Jones 骨折，足部内側縦アーチ

●要旨
目的：大学サッカー選手における，荷重による足部アーチの変化と Jones 骨折発生との関連を検討すること．
対象および方法：大学男子サッカーチームに在籍したサッカー選手 362 名を対象とした．座位と立位のアーチ高率を測定し，サッカー競技中に発生した Jones 骨折を調査した．Jones 骨折を発生した選手と，Jones 骨折を発生しなかった選手とで，座位と立位のアーチ高率，アーチ高率変化を比較検討した．
結果：Jones 骨折発生選手は，アーチ高率変化が有意に小さかった．
考察：Jones 骨折を発生した選手は，足部アーチ構造における関節構造の柔軟性低下により，足部アーチでの衝撃吸収機能低下をもたらし，Jones 骨折の発生に影響を与えたのではないかと考えられた．

はじめに

スポーツ選手における Jones 骨折は遷延治癒，術後再骨折[1)]，偽関節[2)]を来し，スポーツ復帰に影響を及ぼすことがある[2)]．なかでも，サッカー競技は Jones 骨折の発生頻度が他の競技と比較して高いと報告されている[2, 3)]．Jones 骨折の発生要因として，解剖学的研究[4, 5)]，身体的研究[6〜8)]，疫学的研究[3)]，バイオメカニクス研究[2, 9)]からさまざまな要因が報告されていることから，Jones 骨折の発生には多因子の関与が推定されている．したがって，Jones 骨折の予防や治療，リハビリテーションを適切に実施していくには，発生因子を詳細に検討し解明していくことが重要である．

われわれは，先行研究にてスポーツ現場で実施できるメディカルチェック項目から Jones 骨折の発生と身体的要因を検討した．その結果，Jones 骨折の発生において立位でのアーチ高率との関連は認められなかったことを報告した[7)]．しかし，足部アーチは荷重による衝撃や重心移動により変化すると報告されている[10)]．そのため，足部アーチを静的環境下で評価したものと Jones 骨折発生との関連を検討するだけではなく，足部アーチの荷重による変化と Jones 骨折との関連を検討することも重要と考えられる．そこで本研究の目的は，大学サッカー選手における，荷重による足部アーチの変化と Jones 骨折発生との関連を検討することとした．

藤高紘平
〒 581-0013　八尾市山本町南 1-3-4
ノーブル山本ビル 3F
貴島病院本院付属クリニック
TEL 072-999-9914
E-mail fujitaka1102@yahoo.co.jp

1）貴島病院本院付属クリニック
Kishima Hon-in Clinic
2）奈良県立医科大学整形外科学教室
Department of Orthopaedic Surgery, Nara Medical University
3）大阪産業大学スポーツ健康学部
Department of Sport and Health Science, Osaka Sangyo University
4）早稲田大学スポーツ科学学術院
Faculty of Sport Sciences, Waseda University

方　　法

1. 対象

大学サッカーチームに 2007 年から 2018 年度に所属した，男子サッカー選手のべ 362 名（入学時の平均身長 172.3 ± 13.1 cm，平均体重 65.5 ± 6.2 kg，平均年齢 18.0 ± 0.2 歳）を対象とした．本研究を行なうに際し，ヘルシンキ宣言に則りチームにおけるスタッフ・選手に説明し同意を得て行なった．

2. 測定項目

各年度の 4 月にメディカルチェックとして，以下の測定項目を調査した．

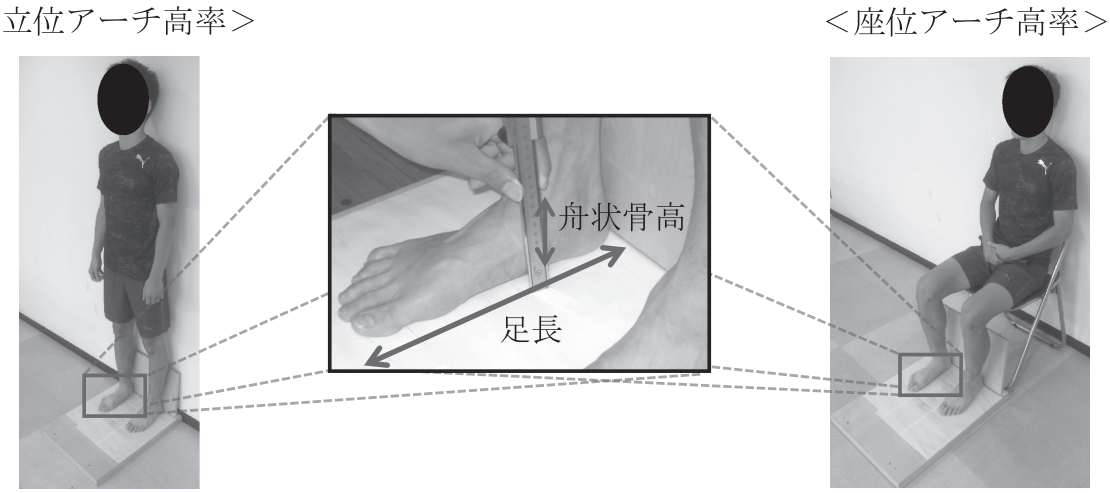
1）身長，体重，BMI（Body Mass Index）

2）アーチ高率（図 1）

アーチ高率測定は，座位と自然立位の 2 通りの肢位にて測定した．座位の肢位は椅子座位とし，膝関節 90 度屈曲位，足関節底背屈中間位で足底を静かに接地させた．それぞれの肢位にて，足長と舟状骨高を測定し，舟状骨高を足長で除してアーチ高率（%）を算出した[11]．座位時のアーチ高率（座位アーチ高率）と自然立位時のアーチ高率（立位アーチ高率）を算出して，座位アーチ高率から立位アーチ高率を引いて，アーチ高率変化を算出した．

3）足趾把持筋力

デジタル握力計（竹井機器工業社製）を用いた測定器を作成し，足位は自然な直立位として測定した．母趾か



アーチ高率＝舟状骨高／足長×100

アーチ高率変化 ＝ 座位アーチ高率 － 立位アーチ高率

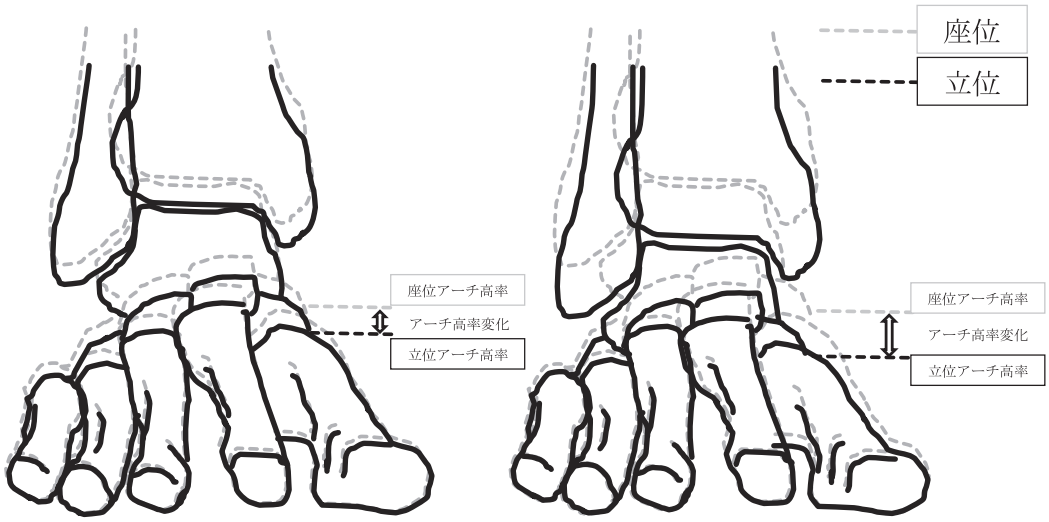


図 1　アーチ高率測定

ら第5趾が足趾把持バーにかかるように確認し，下腿前面の固定ボードにて下腿部を固定して実施した．

4）Q-angle

自然立位にて，上前腸骨棘から膝蓋骨中央を結ぶ線，膝蓋骨中央から脛骨結節を結ぶ線の成す角度を測定した．

5）Leg-heel angle

自然立位にて，下腿長軸と踵骨長軸の成す角度を測定した．

6）ファンクショナルリーチテスト

足趾把持筋力による動的姿勢制御能の指標として測定した．立位にて両手を前方に伸ばし，踵が浮かずにもとの位置に戻れる範囲で，指先でバーを押すように指示した．壁に垂直に設置したバーによって移動距離を測定した．

7）閉眼片脚立位保持時間

両上肢を胸の前で組み，閉眼にて片脚立位をとり最長2分間測定した．

8）Muscle Tightness Test

大腿屈筋（大腿伸展挙上検査：Straight Leg Raising test，以下SLR），脊柱筋（指床間距離：Finger Floor Distance，以下FFD），大腿四頭筋（腹臥位での踵部殿部間距離：Heel Buttock Distance，以下HBD）の柔軟性を測定した．

9）足関節関節可動域

背臥位にて関節角度計（東大式）を用いて，足関節の関節可動域を測定した．

10）General Joint Laxity Test[12]

各関節の弛緩性を評価するため，全身の6関節（手関節，肘関節，肩関節，股関節，膝関節，足関節）と脊柱のLaxity testを実施した．各項目において基準の可動域以上に達した場合を1点とし，合計7点満点で合計点を算出した．

3. アンケート調査

1）競技年数

サッカー開始時期を調査し，大学入学時でのサッカー競技年数を調査した．

2）サッカー参加率

Jones骨折発生群と非発生群のAthlete-Exposures（以下AE，一人の選手が1試合もしくは1回の練習に参加すると1 athlete-exposureとする）を算出した[13]．Jones骨折発生群においては大学入学から発生日までの日数，非発生群においては本研究対象チームから退部するまでの日数を算出し，経過日数とした．対象者それぞれのAEを経過日数で除してサッカー参加率を算出した．本研究対象チームは，チーム所属選手を選手の競技レベルによってカテゴリーに分割し練習や試合を行ない，1週間に1回の休息日やフィジカルトレーニングが組まれている．

3）利き足

アンケート調査にて選手自身が好んでボールをキックする側の足を利き足として調査した．

4. Jones骨折例の調査

調査期間中に発生したJones骨折は，全例われわれが関わる医療機関を受診した．

5. 検討方法

Jones骨折を発生した選手のJones骨折を発生した足をJones骨折発生群とした．また，Jones骨折発生群において非利き足側の受傷が多かったため，Jones骨折を発生しなかった選手の非利き足側を非発生群とした．Jones骨折発生群と非発生群とで，立位アーチ高率，座位アーチ高率，アーチ高率変化およびメディカルチェック項目の比較を行なった．また，Jones骨折の発生とメディカルチェック項目との関連性を検討した．

6. 統計学的分析

Jones骨折の発生群と非発生群に分け，測定項目の比較には対応のないt検定を行なった．またJones骨折の有無を従属変数とし，サッカー経験年数，サッカー参加率，身長，体重，アーチ高率，足趾把持筋力・Q-angle，Leg-heel angle，ファンクショナルリーチテスト，閉眼片脚立位保持時間，SLR，FFD，HBD，足関節背屈角度，足関節底屈角度，全身関節弛緩性を独立変数として，それらの関連性を検討するためにロジスティック回帰分析を行なった．いずれも統計解析にはSPSS Ver.20を用いて行ない，有意水準を5%未満とした．

結　　果

Jones骨折発生群30名30足，非発生群332名332足であった．Jones骨折発生群と非発生群を比較すると，アーチ高率変化（発生群2.4±0.2%，非発生群2.6±0.4%，$p=0.02$），足趾把持筋力（発生群17.3±1.6 kg，非発生群18.2±2.1 kg，$p=0.02$）の発生群が有意に小さかった．その他の項目において統計学的に有意な差は認められなかった（表1）．ロジスティック回帰分析の結果は，表2のとおりである．Jones骨折の発生との関連において，アーチ高率変化のオッズ比は1.31（$p=0.02$，95%信頼区間；1.11～1.52），足趾把持筋力のオッズ比は1.21（$p=0.03$，95%信頼区間；1.02～1.41）であった．

考　　察

Jones骨折発生群と非発生群を比較すると，発生群がアーチ高率変化と足趾把持筋力において低値を示した．また，ロジスティック回帰分析において，アーチ高率変化と足趾把持筋力がJones骨折発生に関連する要因とし

表 1　Jones 骨折発生群と非発生群における測定項目の比較

項目	発生群（n＝30）	非発生群（n＝332）	*p* 値
サッカー競技年数（年）	12.2± 1.9	12.5± 2.2	0.53
サッカー参加率	0.7± 0.1	0.7± 0.1	0.62
身長（cm）	172.7± 6.1	172.3± 13.6	0.87
体重（kg）	64.7± 5.9	65.5± 6.3	0.50
BMI	21.7± 1.1	23.4± 7.5	0.54
立位アーチ高率（%）	17.8± 2.0	17.3± 2.1	0.16
座位アーチ高率（%）	20.3± 2.1	19.8± 2.2	0.22
アーチ高率変化（%）	2.4± 0.2	2.6± 0.4	0.02
足趾把持筋力（kg）	17.3± 1.6	18.2± 2.1	0.02
Q-angle（degree）	14.4± 1.5	15.1± 2.3	0.11
Lge-heel angle（degree）	7.3± 1.5	7.3± 2.1	0.85
ファンクショナルリーチテスト（cm）	45.3± 3.2	45.0± 6.0	0.77
閉眼片脚立位保持時間（秒）	92.9± 20.5	94.2± 29.4	0.73
SLR（degree）	88.0± 5.7	88.6± 6.4	0.65
FFD（cm）	8.7± 7.7	8.0± 8.5	0.55
HBD（cm）	0.13± 0.7	0.1± 0.4	0.57
足関節　背屈角度（degree）	19.7± 4.1	19.5± 4.3	0.84
足関節　底屈角度（degree）	39.7± 4.1	39.5± 4.3	0.84
全身関節弛緩性（点）	0.8± 0.8	0.6± 0.9	0.17

Unpaired t-test　　（Mean± SD）

表 2　Jones 骨折発生例の身体的要因についてのロジスティック回帰分析

項目	OR（95% CI）	*p* 値
サッカー競技年数	1.04（0.87～1.21）	0.69
サッカー参加率	1.03（0.91～1.15）	0.88
身長	0.98（0.94～1.03）	0.49
体重	1.03（0.95～1.11）	0.52
アーチ高率変化	1.31（1.11～1.52）	0.02
足趾把持筋力	1.21（1.02～1.41）	0.03
Q-angle	1.16（1.01～1.31）	0.12
Lge-heel angle	0.97（0.78～1.19）	0.75
ファンクショナルリーチテスト	0.99（0.91～1.07）	0.79
閉眼片脚立位保持時間	1.00（0.98～1.02）	0.89
SLR	1.01（0.94～1.07）	0.89
FFD	0.98（0.91～1.05）	0.56
HBD	0.97（0.90～1.04）	0.40
足関節　背屈角度	1.05（0.97～1.05）	0.33
足関節　底屈角度	1.06（0.89～1.23）	0.25
全身関節弛緩性	1.09（0.92～1.26）	0.17

OR（95% CI）: Odds ratio（95% confidence interval）

て示された．

Jones 骨折の発生要因に関しては，さまざまな報告が散見される．その中で，Jones 骨折発生に関する身体的要因の研究では，足趾把持筋力が小さいこと[7]，股関節内旋角度が小さいこと[6]，非荷重位 Leg-heel angle が小さいこと[8]，後足部内反位[5]，metatarsus angle の増加[4]が Jones 骨折の要因となると報告されている．しかし，これまでに Jones 骨折発生例の荷重による足部アーチの変化を踏まえた上での足部アーチの特徴を検討した研究はわれわれが渉猟しえた限り認められない．

Jones 骨折発生群において，アーチ高率変化が非発生群よりも有意に小さかった．足部アーチの構造としては骨構造，筋組織（後脛骨筋，長短腓骨筋，長趾屈筋，長母趾屈筋，母趾内転筋などの足底筋群），靱帯組織，腱組織で構成されている[14]．荷重負荷が足部アーチに加わった際の変化としては，荷重負荷が脛骨から距骨へ及ぶと，距骨下関節で距骨が踵骨上を滑り落ち，相対的に踵骨が外反し前方に押し下げられる．踵骨外反に伴い，足部は回内・外転し，結果として足部アーチが低下する[15]．足部アーチは三角形とみなすことができ，上辺の 2 辺は，足根骨とそれらを結ぶ関節と強力な靱帯から作られる．足部アーチの 2 つの上辺が骨性構造で伸縮できない構造であるのに対して，底辺は腱あるいは腱膜といった伸縮性に富む軟部組織である．Jones 骨折を発生した選手のアーチ高率変化が小さかったということは，足部アーチ保持に関与する靱帯組織，筋組織，腱組織といった足部アーチ関節構造の柔軟性が低い[16]と考えられる．足部アーチ関節構造における関節構造軟部組織の柔軟性低下により，足部アーチでの衝撃吸収機能の低下をもたらし，Jones 骨折の発生に影響を与えたのではないかと考えられた．また，足部内側縦アーチの高さと足圧中心位置の関係においてはさまざまな先行研究によって報告されている．先行研究では，足部内側縦アーチの低下により，より内側のほうにまで圧力分布を認めると報告されている[17]．また，足内側縦アーチを体表から評価するアーチ高率を用いた研究では，アーチ高率の高い群に比較して中等度と低い群は足圧中心位置が内側に偏移するという結果を報告されている[10]．つまり，荷重負荷を加えた際にアーチ高率変化が小さいということは，荷重負荷を加えた際の足圧中心位置の内側偏移量が乏しくなる可能性がある．足部に荷重が加わった際に，足圧中心位置の内側偏移量が乏しくなることで，足部外側部への荷重ストレスが大きくなり，Jones 骨折の発生に影響を与えるのではないかと推察された．

座位アーチ高率，立位アーチ高率においては統計学的に有意な差は認められなかった．足部アーチ高と Jones 骨折の発生に関してはさまざまな報告が認められる．足部内側縦アーチは，踵骨，舟状骨，楔状骨，中足骨とこれらをつなぐ靱帯および筋群からなる．

Kapandji[18] によると，足部に体重が加わると，踵骨：足部内側縦アーチ：足部外側縦アーチ＝3：2：1 に分散して体重が加わると報告している．つまり測定肢位や足部接地条件の相違により足部内側縦アーチへの荷重量はさまざまに変化するため，足部内側縦アーチへの荷重量や測定条件をより詳細に定義してさらなる調査が必要と考えられた．また，Jones 骨折発生との関連から考えると，足部アーチを静的な環境下で評価するだけではなく，アーチ高率変化を評価することが重要であると考えられた．

Jones 骨折発生群において足趾把持筋力が非発生群よりも有意に小さかった．足趾把持筋力が大きいと動的バランス能力も優れ[19]，重心動揺面積が小さい[20] と報告されている．Jones 骨折発生群の足趾把持筋力が小さいことは，われわれが行なった先行研究の結果と一致していた．足趾把持筋群は足部アーチの底面を形成する．足趾把持筋力が小さいことで，足部に加わる衝撃に対しての衝撃吸収能が低下し，Jones 骨折の発生につながったと考えられた．また，足趾把持筋力が小さいことによって動的バランス能は低下し，重心動揺面積が大きくなることで，より足部外側荷重につながる場面が増加したのではないかと考えられた．こうした足部外側への荷重負荷の増大が，第 5 中足骨に加わる力学的ストレスにつながるのではないかと考えられた．

今回比較した Jones 骨折発生群と非発生群ともに大学男子サッカー選手であり，サッカー競技年数やサッカー参加率においても差は認められなかった．そのため，Jones 骨折発生群のアーチ高率変化が小さいことは，身体的な足部内側縦アーチの特徴の一つではないかと考えられた．また，Jones 骨折発生群と非発生群において，サッカー競技への曝露に有意な差が認められなかった．このことから，運動負荷量だけでなく，アーチ高率変化が小さいという身体的な要因が Jones 骨折の発生に影響を与える因子として示されたのではないかと考えられた．

本研究の限界としては，第 1 に長期間の調査ではあるが，一大学サッカーチームのみの検討であるため，Jones 骨折発生数が少ないことである．本研究は同一大学男子サッカー選手として，サッカー競技の曝露量が統一された検討である．しかし，よりサンプルサイズを大きくし，さまざまな年齢層を含めた検討が必要であると考えられた．第 2 に足部内側縦アーチの高さから検討を行なったが，足部内側縦アーチの高さの差異による足圧分布への影響を検証できていないことである．足部内側縦アーチの高さから生じる足圧分布への影響を調査し，Jones 骨折発生との関連を検討する必要があると考えられた．

本研究にて実施した，アーチ高率測定は簡便に実施することが可能である．そのため，足部アーチを座位や立位といった荷重の有無での測定をメディカルチェックに組み入れることにより，Jones 骨折発生の予測につなげることができるのではないかと考えられた．

結　　語

Jones 骨折を発生した大学サッカー選手では，アーチ高率変化が有意に小さい．

文　　献

1）Wright RW et al: Refracture of proximal fifth metatarsal（Jones）fracture after intramedullary screw fixation in athletes. Am J Sports Med, 28: 732–736, 2000.
2）Kavanaugh JH et al: The Jones fracture revisited. J Bone Joint Surg Am, 60: 776–782, 1978.
3）Ekstrand J et al: Stress fractures in elite male football players. Scand J Med Sci Sports, 22: 341–346, 2012.
4）Yoho RM et al: The association of metatarsus adductus to the proximal fifth metatarsal Jones fracture. J Foot Ankle Surg, 51: 739–742, 2012.
5）Raikin SM et al: The association of a varus hindfoot and fracture of the fifth metatarsal metaphyseal–diaphyseal junction: the Jones fracture. Am J Sports Med, 36: 1367–1372, 2008.
6）Saita Y et al: Range limitation in hip internal rotation and fifth metatarsal stress fractures（Jones fracture）in professional football players. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 26: 1943–1949, 2018.
7）Fujitaka K et al: Pathogenesis of fifth metatarsal fractures in college soccer players. Orthop J Sports Med, 3: doi: 10.1177/2325967115603654, 2015.
8）Matsuda S et al: Characteristics of the foot static alignment and the plantar pressure associated with fifth metatarsal stress fracture history in male soccer players: a case-control study. Sports Med Open, 3: doi: 10.1186/s40798-017-0095-y, 2017.
9）Roca J et al: Stress fractures of the fifth metatarsal. Acta Orthop Belg, 46: 630–636, 1980.
10）三秋泰一ほか：アーチ高率の違いによる内外側方向における足圧中心位置の検討．理療科，22: 409–412, 2007.
11）大久保衛ほか：メディカルチェックにおける足アー

チ高測定方法の検討．臨スポーツ医，6（別冊）: 336–339, 1989.
12）中嶋寛之：スポーツ整形外科的メディカルチェック．臨スポーツ医，2: 735–740, 1985.
13）Agel J et al: Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2002–2003. J Athl Train, 42: 270–277, 2007.
14）梅木義臣：足内側アーチの静力学的研究．日整会誌，65: 891–901, 1991.
15）荻島秀男（訳）：足と足関節の痛み．原著第 3 版，医歯薬出版，東京: 203–210, 2004.
16）橋本雅至ほか：足部からみた身体運動の制御．理療科，16: 123–128, 2001.
17）大野修ほか：足底圧力分布と足アーチの関連性について．日整会誌，64: S1350, 1990.
18）Kapandji IA: カパンディ関節の生理学Ⅱ 下肢．原著第 5 版，医歯薬出版，東京 : 196–235, 1988.
19）木藤伸宏ほか：高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果．理学療法学，28: 313–319, 2001.
20）加辺憲人ほか：足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究．理療科，17: 199–204, 2002.

大腿骨滑車溝の形態評価における MRI と単純 X 線像の関係

Assessment of the Trochlear Groove Morphology: A Comparison of Radiographs and Magnetic Resonance Imaging

有馬　佑　Yu Arima
下﨑　研吾　Kengo Shimozaki
豊岡　加朱　Kazu Toyooka
中瀬　順介　Junsuke Nakase
浅井　一希　Kazuki Asai
土屋　弘行　Hiroyuki Tsuchiya

●Key words
大腿骨滑車溝，MRI，単純 X 線像
Trochlear groove：Magnetic resonance imaging：Radiographs

●要旨
大腿骨滑車溝の形態評価は sulcus angle，trochlear depth を始めとした単純 X 線像での評価が一般的である．しかし，単純 X 線像は軟骨を含んだ評価ができていないことから，滑車形態の正確な評価をするには限界がある．本研究の目的は，MRI で計測した軟骨性の滑車形態と単純 X 線像で計測した骨性の滑車形態に相関があるかを検討することである．方法は，MRI T2 強調像水平断で軟骨性の sulcus angle，trochlear depth，単純 X 線軸位像で骨性 sulcus angle，側面像で骨性 trochlear depth を計測し，単純 X 線像での計測値と MRI での計測値をそれぞれ比較検討した．また，MRI における軟骨性の sulcus angle と骨性の sulcus angle との計測値も比較検討した．sulcus angle，trochlear depth ともに単純 X 線像と MRI の計測値の間に相関関係を認めた（sulcus angle：r＝0.6，trochlear depth：r＝0.6）．また，MRI における軟骨性の sulcus angle と骨性 sulcus angle の間にも相関関係を認めた（r＝0.7）．しかし，いずれも MRI による軟骨性の計測値と単純 X 線像による骨性の計測値に有意差を認めた．

はじめに

大腿骨滑車溝形態の評価方法はさまざまであり，これまでに 33 種類もの方法が報告されている[1)]（単純 X 線像：4 種類，CT：7 種類，MRI：22 種類）．単純 X 線像を用いた評価では，sulcus angle，trochlear depth，trochlear bump が有用とされており[1)]，その簡便さから実臨床でも使われることが多い．しかし，単純 X 線像は軟骨を考慮しておらず，実際の大腿骨滑車溝を正確には反映していないことがある．そのため，単純 X 線像で骨性の滑車溝が明確に確認できていても（図 1），関節鏡で直接観察すると，軟骨に覆われ滑車溝がほとんど確認できないということがある（図 2）．一方で，MRI は軟骨が描出可能であるため，軟骨を含んだ大腿骨滑車溝の形態をより正確に評価できるとされ[2~4)]，滑車形成不全の重症度評価や膝蓋骨脱臼手術の術式決定にも有用とされている．臨床においては，簡便な単純 X 線像での評価がよく行なわれているが，骨性のみの評価であるため，滑車形態を正確に評価するには限界があるといえる．そこで本研究の目的は，MRI による軟骨を含んだ評価と単純 X 線像による骨性の評価の相関関係を調べることで，両評価方法の関連性を検討することとした．

有馬　佑
〒 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/FAX 076-234-4261
E-mail wooseob79@icloud.com

金沢大学附属病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medical Sciences, Kanazawa University

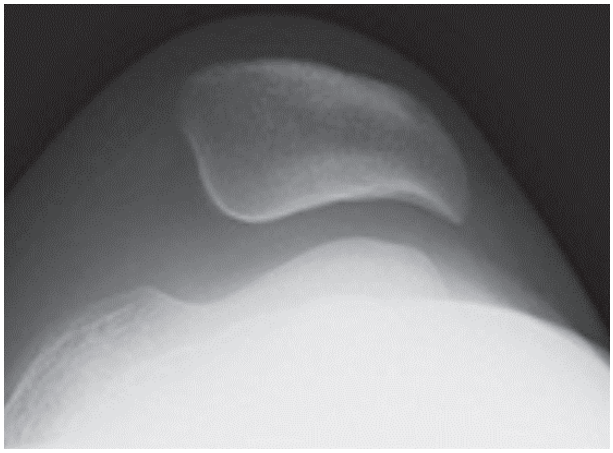


図１　14 歳女児．反復性膝蓋骨脱臼と診断し，MPFL 再建術を施行した．骨性の滑車溝を確認できる．

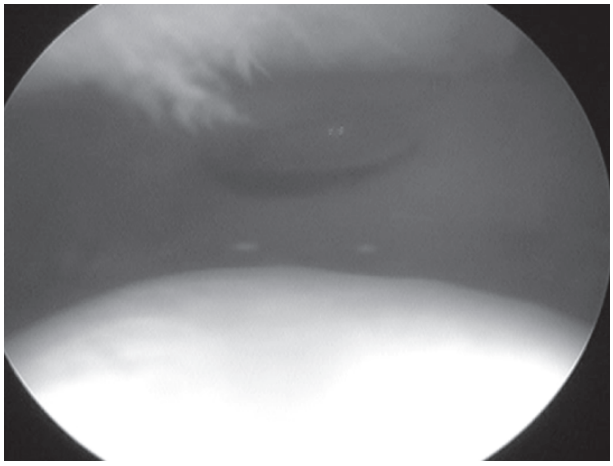


図２　図１と同一症例．関節鏡下では，軟骨に被覆され滑車溝が確認できない．

材料と方法

対象は当院で膝関節の手術を施行した症例のうち MRI T2 強調像水平断，単純 X 線側面像・軸位像が適切に撮影できた 125 例で，男性 67 例，女性 58 例，平均年齢 24.0±10.6（13～52）歳であった．術式は反復性膝蓋骨脱臼に対する内側膝蓋大腿靱帯（以下 MPFL）再建術 24 例と前十字靱帯損傷に対する前十字靱帯（以下 ACL）再建術 101 例であった．計測項目は，MRI における骨性の sulcus angle，軟骨性 sulcus angle，trochlear depth および単純 X 線像における骨性の sulcus angle，trochlear depth とした．軟骨性 sulcus angle は Philippe らの報告に準じて，MRI T2 強調像水平断において，軟骨が滑車溝のすべてを被覆している断面のうち最近位のものを使用し測定した[4]（図 3）．MRI における骨性の sulcus angle は図 3 と同様の断面像で測定し（図 4），単純 X 線像における骨性の sulcus angle は膝屈曲 60° での単純 X 線軸位像を使用し測定した（図 5）．軟

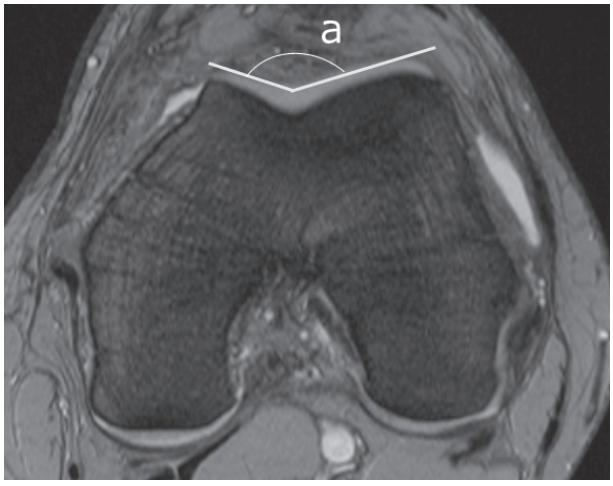


図３　MRI T2 強調像水平断．滑車溝を軟骨が完全に被覆している断面のうち，最近位のものを使用し，軟骨性の sulcus angle（a）を測定した．

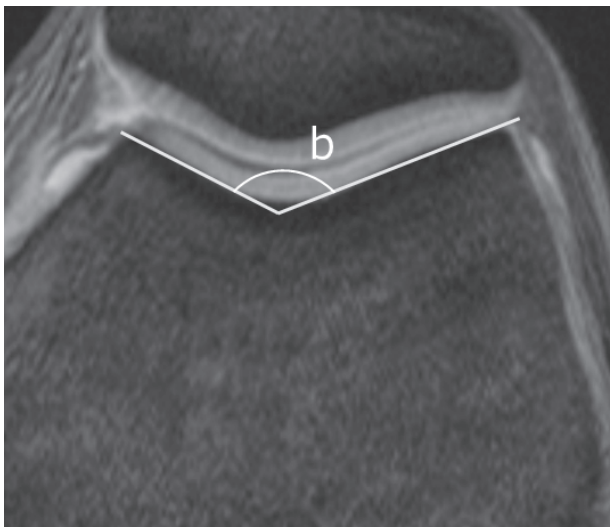


図４　MRI T2 強調像水平断．図３と同様の断面を使用し，骨性の sulcus angle（b）を測定した．

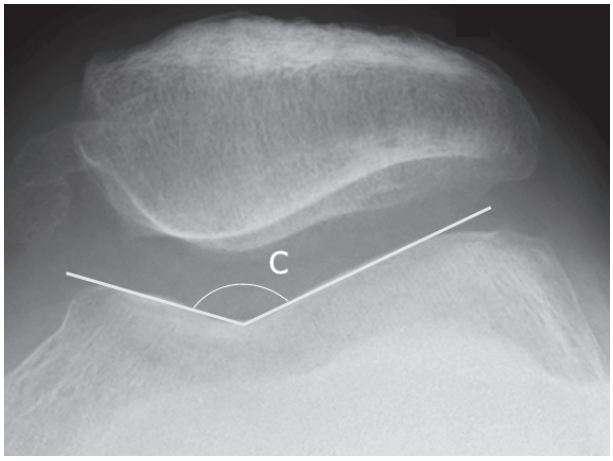


図５　膝屈曲角度 60° の単純 X 線軸位像を使用し，骨性の sulcus angle（c）を測定した．

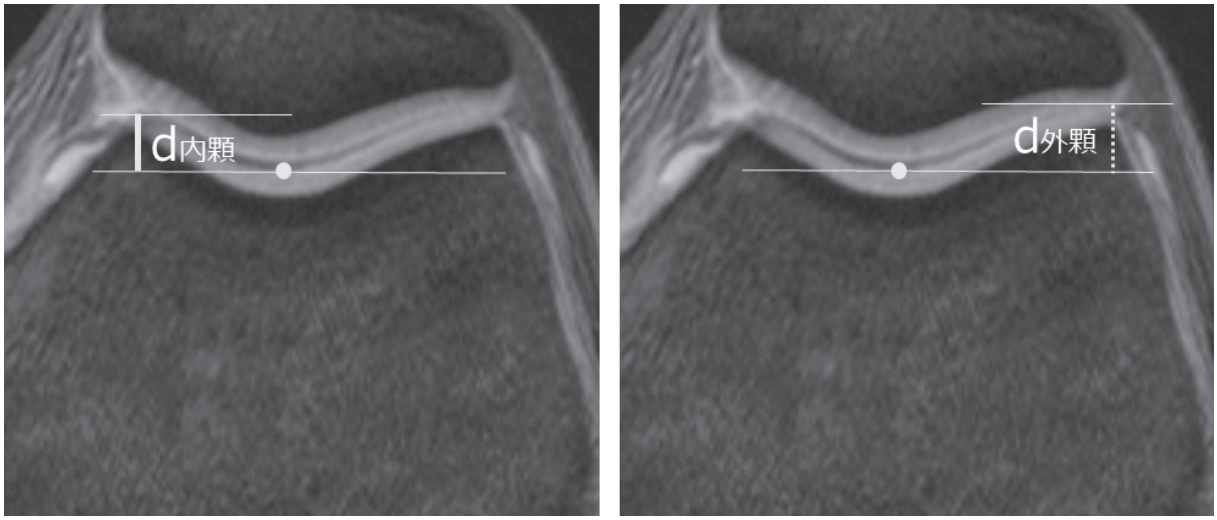


図６　MRI T2 強調像水平断．図３と同様の断面を使用し，大腿骨滑車の軟骨面の下端と大腿骨内顆・外顆それぞれとの距離ｄ内顆，ｄ外顆のうち，より距離が短い方を選択した（この症例の場合，より短いｄ内顆を選択）．



図７　膝屈曲角度 60° の単純 X 線側面像を使用し，まず大腿骨後面軸に対して，大腿骨後顆の最近位を通る垂線を引く．続いて，時計回りに 15° の直線を引き，その直線と滑車溝および大腿骨顆の交点間距離（e）計測した．

骨性 trochlear depth は，Syed らの報告に準じて，sulcus angle と同様の水平断像を使用し，大腿骨滑車の軟骨面の下端と大腿骨内側顆・外側顆それぞれとの距離のうち，より距離が短い方を選択した[5]（図 6）．単純 X 線像における骨性の trochlear depth も膝屈曲 60° での単純 X 線側面像を使用し，Dejour らの報告に準じて，大腿骨後面軸に対する接線に対して，大腿骨後顆の最近位を通る垂線を引き，その垂線を時計回りに 15° 回し，大腿骨滑車溝と大腿骨顆の交点間距離を計測した[6]（図 7）．MRI における軟骨性の sulcus angle と単純 X 線像における骨性の sulcus angle，MRI における軟骨性の trochlear depth と単純 X 線像における骨性の trochlear depth，MRI における軟骨性の sulcus angle と骨性の sulcus angle 以上 3 つをそれぞれ Pearson の相関係数および 2 群間での t 検定を用いて，有意水準 $\alpha = 0.05$ として比較検討した．測定は 1 人の検者が 3 回ずつ行ない，その平均値を測定値とした．

結　　果

sulcus angle は，MRI による軟骨性評価で 146.7 ± 5.9°，単純 X 線像による骨性評価で 133.1 ± 6.3° となり，両者に強い正の相関関係を認めた（r = 0.6）．trochlear depth は，MRI による軟骨性評価で 3.4 ± 1.1 mm，単純 X 線像による骨性評価で 5.5 ± 1.7 mm となり，こちらも強い正の相関関係を認めた（r = 0.6）．しかし，sulcus angle，trochlear depth はともに，MRI による軟骨性の計測値と単純 X 線像による骨性の計測値の間に有意差を認めた（sulcus angle: $p < 0.001$，trochlear depth: $p = 0.003$）．MRI における骨性 sulcus angle は 136 ± 7.9° となり，MRI における軟骨性 sulcus angle 146.7 ± 5.9°，との間に，強い正の相関関係を認めた（r = 0.7）．また計測値に間に有意差を認めた（$p < 0.001$）．一方で MRI と単純 X 線像での骨性の sulcus angle 間に有意差はなかった．

考　　察

sulcus angle，trochlear depth はともに MRI による軟骨性評価と単純 X 線像による骨性評価との間に正の相関関係を認めた．しかし，実測値には sulcus angle で 10° 以上，trochlear depth で 2 mm 以上の差が生じてお

り，単純 X 線像では大腿骨滑車溝の形態を正確には評価できないことが示唆された．しかし，MRI と単純 X 線像では，撮影時の膝の屈曲角度が異なるため，単純には比較できない．そのためわれわれは，MRI での軟骨性 sulcus angle 計測の際に，MRI での骨性 sulcus angle も計測した．結果は，単純 X 線像で 133.1 ± 6.3° に対し，MRI も 136 ± 7.9° と，計測の際の膝関節屈曲角度は異なるが，本研究では単純 X 線像と MRI の骨性 sulcus angle の間には有意な差を認めなかった．一方で，MRI における骨性と軟骨性の sulcus angle の間に有意差を認め，両者に強い正の相関関係を認めていた（r = 0.7，p < 0.01）．このことから本研究における軟骨性と骨性の計測値の差は，膝関節屈曲角度など評価方法による差ではなく，軟骨の厚みがより強く影響していたと考えている．臨床においては簡便な単純 X 線像が滑車形態の評価によく使われるが，本研究結果から MRI による軟骨の形態・厚みを考慮しなければ滑車溝の正確な形態評価ができないことが示唆された．また MRI では膝蓋骨と滑車溝の軟骨の適合性も知ることができ，反復性の脱臼や apprehension sign など膝蓋骨不安定症の臨床症状がある滑車形成不全症例に対する手術治療の際には，MRI 評価は必須と考える．本研究にはいくつかの限界がある．一つ目は，患者背景がそろっていないことである．MPFL 再建術が行なわれた反復性膝蓋骨脱臼の症例は若年者が多く，軟骨が健常人や成人に比べ厚くなり，各計測値が大きい傾向にあった．今後，年齢や性別，疾患を揃えて相関関係を調査する予定である．さらに trochlear depth は距離の測定値であり体格の影響があることが考えられ，身長や体重もある程度揃える必要がある．今後は本研究結果を基に，背景を揃えて疾患別の評価等も行なっていく方針である．二つ目は，単純 X 線像と MRI の撮影肢位が異なることがあげられる．本研究では，MRI での骨性評価で単純 X 線像と差が小さかったが，評価の正確性を向上させるためにも今後撮影肢位を揃えて研究を行なう必要があると考えている．

結　　語

sulcus angle，trochlear depth ともに MRI による軟骨性評価と単純 X 線像による骨性評価との間に強い正の相関関係を認めた．しかし，いずれも MRI による軟骨性の計測値と単純 X 線像による骨性の計測値に有意差を認めた．

文　　献

1）Paiva M et al: Quality assessment of radiological measurements of trochlear dysplasia: a literature review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 26: 746–755, 2018.
2）Salzmann GM et al: Comparison of native axial radiographs with axial MR imaging for determination of the trochlear morphology in patients with trochlear dysplasia. Arch Orthop Trauma Surg, 130: 335–340, 2010.
3）Charles MD et al: Magnetic resonance imaging–based topographical differences between control and recurrent patellofemoral instability patients. Am J Sports Med, 41: 374–384, 2013.
4）Tscholl PM et al: Conventional radiographs and magnetic resonance imaging for the analysis of trochlear dysplasia: the influence of selected levels on magnetic resonance imaging. Am J Sports Med, 45: 1059–1065, 2017.
5）Ali SA et al: Analysis of the patellofemoral region on MRI: association of abnormal trochlear morphology with severe cartilage defects. AJR Am J Roentgenol, 194: 721–727, 2010.
6）Dejour H et al: Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2: 19–26, 1994.

上腕骨内側上顆障害の超音波検査
―検者間・検者内信頼性―

Quantitative Measurement of Medial Epicondyle Apophysitis Using Ultrasonography

琴浦　義浩[1, 2] Yoshihiro Kotoura　　木田　圭重[2] Yoshikazu Kida

●Key words
上腕骨内側上顆障害，超音波検査，検者間・検者内信頼性

●要旨
目的：成長期野球選手の上腕骨内側上顆を超音波装置で撮像し，その形態学的評価の検者間，検者内信頼性およびその評価法について検討した．
対象と方法：小中学生野球選手 50 名の上腕骨内側上顆を超音波検査した．まず内側側副靱帯前斜走線維の長軸像で評価した．次に長軸像，短軸像で評価した．信頼性を κ 係数で算出し，評価方法を比較検討した．
結果：長軸像による評価では検者間信頼性は 0.217～0.486，検者内信頼性は 0.475 であったが，長軸像，短軸像による評価ではそれぞれ 0.630～0.846，0.843 であった．
まとめ：長軸像だけでなく短軸像も描出することにより検者間，検者内信頼性が高くなることが示唆された．

はじめに

近年，全国で野球肘検診が行なわれるようになっているが，その要因の一つに超音波機器装置の性能が向上したことがあげられる[1]．成長期野球選手の骨は未成熟であり，単純 X 線検査では描出できない軟骨成分も多い．それに対して超音波機器装置であれば軟骨，靱帯や神経血管まで描出できる．さらにその描出精度が高くなったこと，装置の小型化により場所を選ばずに検査できるようになったことが野球肘検診の普及に役立っている．超音波検査による上腕骨小頭離断性骨軟骨炎や上腕骨内側上顆障害の頻度や重症度についての報告は多い[2～7]．なかでも上腕骨内側上顆障害について，渡辺は超音波検査による分類を提唱している[8]．すなわち肘関節 90 度屈曲位で上腕骨内側側副靱帯前斜走線維の長軸像を描出して観察し，上腕骨内側上顆付着部を Type Ⅰ正常，Ⅱ不鮮明，Ⅲ分離・分節，Ⅳ突出で評価しており，これは超音波検査による上腕骨内側上顆の分類として広く使用されている．超音波検査はプローブの位置や角度によって得られる情報が異なるため，検者の技術による誤差が生じやすい．そのため検者間，検者内における再現性を検証する必要があるが，上腕骨内側上顆の超音波検査について評価した報告は多くない[9]．そこで，われわれは成長期野球選手の上腕骨内側上顆を超音波検査によって評価し，その検者間，検者内信頼性，およびその評価法について検討した．

対象と方法

対象は 2018 年度の野球肘検診に参加した成長期野球選手 50 名で，全員男性．超音波機器装置は日立社製 Avius，Noblus，Arietta Prolgue を用いた．リニアプローブは 15 Hz を用いた．超音波検査における上腕骨内側上顆の描出方法について，渡辺らの報告に準ずる長軸像のみの撮像と，長軸像と短軸像を撮像する 2 種類の方

琴浦義浩
〒 629-0197　南丹市八木町八木上野 25
京都中部総合医療センター整形外科
TEL 0771-42-2510
E-mail ykotoura@gmail.com

1）京都中部総合医療センター整形外科
Department of Orthopaedics, Kyoto Chubu Medical Center
2）京都府立医科大学大学院運動器機能再生外科学（整形外科）
Department of Orthopaedics, Graduate School of Medical Science, Kyoto Prefectural University of Medicine

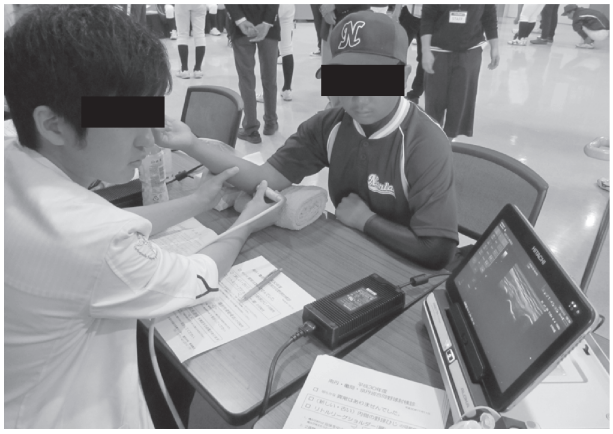


図１　超音波装置による上腕骨内側上顆の描出
肘関節を 90 度屈曲位とし，上腕骨内側部を長軸像で内側側副靱帯前斜走線維の長軸像を描出し，そのまま上腕骨内側上顆を評価した．

法を用いた．長軸像のみの撮像では，肘関節 90 度屈曲位で，内側側副靱帯前斜走線維（AOL）の長軸像を描出し，そのまま上腕骨内側上顆を評価し，a．正常，b．不整，c．分離・分節，d．突出の 4 群に分類した（図 1，2）．一方で短軸像は，先に描出した長軸にプローブを 90 度直行させて描出して評価した（図 3）．長軸像のみの撮像方法における検者間信頼性は，整形外科 12 年目の専門医（A）と，整形外科 1 年目の（B）そして超音波検査に習熟した検査技師（C）がそれぞれ同じ 50 名の選手を検査して評価した．また検者内信頼性については検査技師（C）が再度 50 名を検査して評価し，前回の結果と比較した．長軸像と短軸像を撮像する方法における検者間信頼性は，整形外科 13 年目の専門医（D）と，整形外科 3 年目（E）そして整形外科 1 年目（F）がそれぞれ同じ 50 名の選手（長軸のみの対象選手とは異なる）を検査して評価した．そして検者内信頼性については整形外科 1 年目（F）が再度 50 名を検査して評価し，前回の結果と比較した．統計学的解析には Excel 統計を用いて κ 係数を用いた．また Landis と Koch の報告に従い κ<0.00 Poor，0.00～0.20 Slight，0.21～0.40 Fair，0.41～0.60 Moderate，0.61～0.80 Substantial，0.81～1.00 Almost perfect で評価した[10]．

結　　果

AOL 長軸像のみの描出による上腕骨内側上顆の評価について検者それぞれの結果を示す．検者 A，a 正常：26 名（52％），b 不整：11 名（22％），c 分離・分節：7 名（14 ％），d 突出：6 名（12 ％）．検者 B，a：38 名（76 ％），b：7 名（14 ％），c：1 名（2 ％），d：4 名（8％）．検者 C，a：30 名（60％），b：8 名（16％），c：3 名（6％），d：9 名（18％）．検者間信頼性がそれぞれ AB 間 で 0.217（0.042～0.391）Fair，BC 間 で 0.328（0.112～0.545）Fair，CA 間 で 0.486（0.287～0.685）

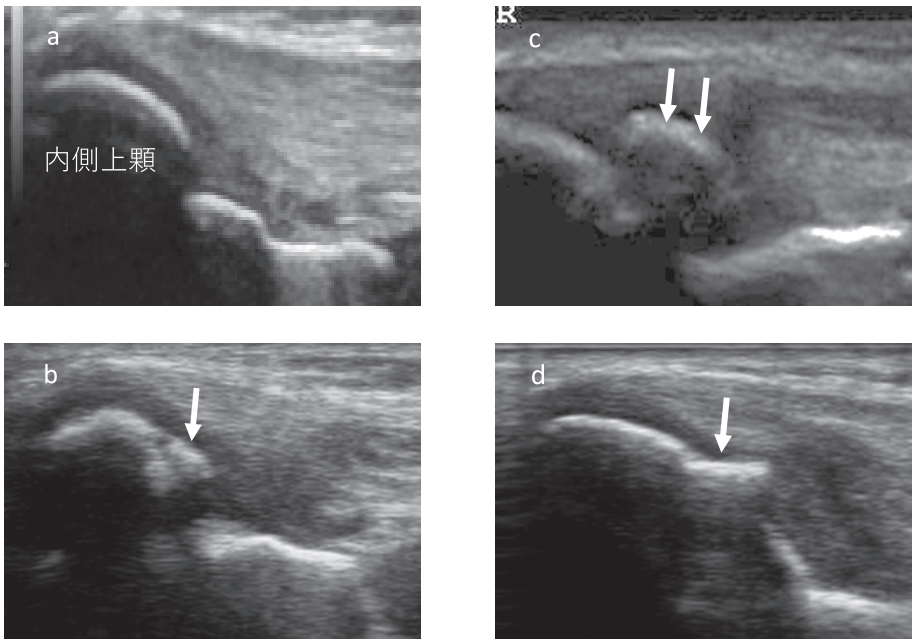


図２　上腕骨内側上顆の長軸像評価
a は正常で，b では上腕骨内側上顆の下端に不整像を認める．また c では分離した骨片を認め，d では癒合し突出している．
a：正常．
b：不整．
c：分離・分節．
d：突出．

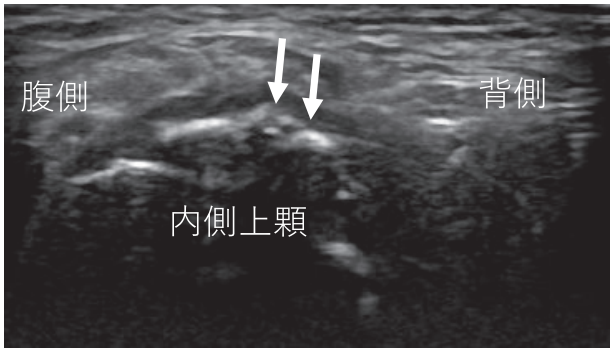


図３　上腕骨内側上顆の短軸像評価
内側上顆のやや背側に不整像を認める（矢印）.

表１　長軸像のみ評価時の検者間，検者内信頼性

	κ 係数	95% CI	評価
A, B	0.217	0.042～0.391	Fair
B, C	0.328	0.112～0.545	Fair
C, A	0.486	0.287～0.685	Moderate
C, C	0.475	0.299～0.652	Moderate

検者間信頼性はおおむね Fair であった
検者内信頼性（C, C）は Moderate であった

表２　長軸像と短軸像の評価時の検者間，検者内信頼性

	κ 係数	95% CI	評価
D, E	0.778	0.618～0.938	Substantial
E, F	0.630	0.439～0.820	Substantial
F, D	0.846	0.707～0.985	Almost perfect
F, F	0.843	0.700～0.987	Almost perfect

検者間信頼性はいずれも Substantial 以上であった
検者内信頼性（F, F）も Almost perfect で良好な結果であった

Moderate となり，CA 間が Moderate となった以外は Fair であった．検者内信頼性は 0.475（0.299～0.652）で Moderate であった（表 1）．一方で AOL 長軸像，短軸像の描出による評価について検者それぞれの結果を示す．検者 D，a：1 名（2％），b：23 名（46％），c：26 名（52％），d：0 名（0％）．検者 E，a：2 名（4％），b：26 名（52%），c：21 名（42%），d：1 名（2%）．検者 F，a：0 名（0　%），b：24 名（48　%），c：25 名（50 %），d：1 名（2 %）．それぞれ DE 間で 0.778（0.618～0.938）Substantial，EF 間　で 0.630（0.439～0.820）Substantial，FD 間　で 0.846（0.707～0.985）Almost perfect となりいずれも Substantial 以上であった．また検者内信頼性も 0.843（0.700～0.987）で Almost perfect であった（表 2）．

考　　察

野球肘の中でも特に初期では症状に乏しく，痛みなどの症状がでたときには病期が進行していることが多い上腕骨小頭離断性骨軟骨炎を早期発見するために，徳島県では 1981 年から大規模な野球肘検診を開始されている[11]．この活動により，進行期以上に悪化してから病院を受診して，見つかることが多かった上腕骨離断性骨軟骨炎の多くが初期に見つかるようになったことの意義は大きいが[12]，当初は徒手検査による検診であったため，全くの無症状・無症候の状態での発見は困難であったと考えられる．そして 2000 年代に入りポータビリティの向上した超音波機器装置を検診に導入したことにより，さらに確実性を増したことが，野球肘検診が全国規模に拡大したことに貢献している[13]．描出力が高まった超音波機器装置を用いることにより，異常画像の検出力が高まり，選手，保護者，指導者もその視覚的効果により納得して二次検診に進むことができるようになっている．このように超音波検査がもたらした恩恵は大きいが，その一方でその検者間，検者内信頼性について評価することも重要と認識されてきている．2013 年には市川らが，超音波検査により大腿外側広筋の筋膜が膝関節の屈伸により移動する距離を測定し，その検者内・検者間信頼性を評価した結果，ともに 0.9 以上で高いものであったと報告している[14]．また岩目らは超音波検査による上腕骨小頭軟骨下骨の評価は，検者間，検者内誤差の小さな評価法であると報告した[15]．しかし，上腕骨内側上顆についての超音波検査は，その形態学的な変化や割合について報告があるのみで，検者間，検者内信頼性についての報告は少ない．上腕骨内側上顆の描出方法は，渡辺の報告[8]に従っているものが多く，それは AOL 長軸像を描出して，その画面内の上腕骨内側上顆を評価し，その形態によって Type Ⅰ正常，Ⅱ不鮮明，Ⅲ分離・分節，Ⅳ突出に分類した．坂田らは 2015 年に，上腕骨内側上顆障害について詳細に評価を行ない，上腕骨内側上顆の分離，分節像において母床との連続性が完全に途絶したものは外反動揺性が高いことに着目し，上腕骨内側上顆の形状評価は AOL 付着部のみならず，その全域を評価するべきであると述べている[9]．今回のわれわれの研究では，AOL 長軸像のみの撮像では不整や分離・分節の評価において熟練検者と経験が浅い検者との不一致が多かった．熟練検者が上腕骨内側上顆の全体を，長軸像でくまなく撮像して評価しているのに対して，経験が浅い検者は描出することに注力しており，その結果，部分的にしか評価できていない可能性が示唆された．一方で長軸像と短軸像の両方を撮像すると，描出される部位が上腕骨内側上顆全体におよぶため，評価の信頼性が高くなることが示唆された．このことから，特に経験が浅い検者による上腕骨内側上顆の超音波検査においては，AOL 長軸像のみではなく，短軸像も撮像して評価することが望ましいと考える．

本研究にはいくつかの限界がある．まずは症例数および検者が少ないこと．そして熟練した検者同士の比較検討をしていないため，熟練した検者でも長軸像および短軸像を撮像することが望ましいかどうかの評価ができていないこと．われわれが野球肘検診で行なっているとお

りに上腕骨内側上顆の分類を 4 群で行なったが，2 群（正常，異常）で行なった場合について評価をしていないこと，超音波検査の評価肢位については考慮していないこと，超音波検査のみでの評価であり，単純 X 線検査や他の画像検査を行なっていないこと，またその超音波検査は同一機種で行なわれていないことである．

今後はこの結果に基づいて，特に経験が浅い検者の場合は，上腕骨内側上顆を AOL 長軸像および短軸像で評価することによって正確に評価して，より適切な治療方法を選択していきたい．

ま と め

成長期野球選手の上腕骨内側上顆を超音波装置で評価し，検者間，検者内信頼性を評価した．AOL 長軸像のみの描出では，経験が浅い検者では信頼性が低かったが，一方で短軸像も描出することにより検者間，検者内信頼性が十分に高くなった．今後は特に経験が浅い検者が上腕骨内側上顆を評価する際には短軸像も描出することが望ましいと考えた．

文　　献

1）山口睦弘：超音波画像診断装置を用いての子どもの野球肘検診．Sportsmedicine, 22: 23–25, 2010.
2）原田幹生ほか：少年野球選手に対する超音波を用いた肘検診．臨整外，42: 555–560, 2007.
3）大歳憲一ほか：ポータブル超音波診断装置を用いた青少年期野球肘検診 福島県での取り組み．臨整外，46: 1033–1039, 2011.
4）琴浦義浩ほか：低学年における少年野球選手の新規障害発生率の調査．整スポ会誌，37: 186–189, 2017.
5）Kida Y et al: Prevalence and clinical characteristics of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum among adolescent baseball players. Am J Sports Med, 42: 1963–1971, 2014.
6）Otoshi K et al: Age-specific prevalence and clinical characteristics of humeral medial epicondyle apophysitis and osteochondritis dissecans: ultrasonographic assessment of 4249 players. Orthop J Sports Med, 5: 2325967117707703, 2017.
7）Matsuura T et al: Epidemiology of shoulder and elbow pain in youth baseball players. Phys Sportsmed, 44: 97–100, 2016.
8）渡辺千聡：学童期野球肘における超音波検査の有用性．Orthopaedics，19: 35–40, 2006.
9）坂田淳ほか：少年野球選手における投球側肘外反弛緩性と内側上顆の形状との関連．日臨スポーツ医会誌，23: 39–44, 2015.
10）Landis JR et al: The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 33: 159–174, 1977.
11）岩瀬毅信ほか：スポーツ少年団の整形外科的メディカルチェック少年野球の野外検診より．臨スポーツ医，13: 1081–1085, 1996.
12）柏口新二ほか：世界運動における筋・骨格系疾患の予防・治療戦略 スポーツによる骨軟骨障害の予防．THE BONE, 19: 407–412, 2005.
13）松浦哲也：検診の意義と具体的方法．柏口新二ほか（編集）．よくわかる野球肘 離断性骨軟骨炎．全日本病院出版会，東京: 236–248, 2013.
14）市川和奈ほか：超音波画像を用いた深筋膜移動距離測定の信頼性の検討．J Jpn Health Sci, 16: 21–28, 2013.
15）岩目敏幸ほか：超音波検査による成長期上腕骨小頭軟骨下骨所見の検者内・検者間信頼性．日整会誌，91: S507, 2017.

打撃は成長期野球選手の肘内側上顆下端裂離の骨癒合に影響を及ぼすか？

Dose Batting Prolong the Duration of Bone Union for Medial Epicondylar Fragmentations in Young Baseball Players?

弥富　雅信　Masanobu Iyadomi
井手　衆哉　Shuya Ide
井上　美帆　Miho Inoue
鶴田　敏幸　Toshiyuki Tsuruta

●Key words
成長期野球肘，内側上顆裂離，打撃

●要旨
投球障害肘にて肘内側上顆下端裂離を呈した骨端線閉鎖前の選手の，打撃実施の有無による骨癒合への影響について検討した．対象は，打撃を許可した許可群 41 名と投球・打撃を禁止しかつ簡易装具固定した禁止 B 群 31 名，ギプス固定した禁止 G 群 41 名の 3 群とし，骨癒合率，骨癒合期間を比較した．また許可群内での骨癒合有無による差も比較検討した．結果打撃許可群は禁止群と比べ，骨癒合率が低く，骨癒合期間も長かった．許可群内での骨癒合の有無において有意差のあった項目は打撃時の痛みのみであった．内側上顆裂離後の保存療法において，打撃の許可は骨癒合率低下や骨癒合までの期間遷延を来たす因子となりうることが示唆された．

はじめに

日本整形外科学会並びに運動器の 10 年・日本協会は，全日本野球協会の協力を得て，2016 年度に全国の中学野球実態調査[1]を実施した．そのアンケート調査の中で，「肘の痛みがあり投げることを休んでいる期間練習で何をしたか」という設問の回答には，1 位はランニング（62.4％），2 位はストレッチ等（52.3％）に次ぎ，3 位は打撃（44.0％）という回答結果であった．このことから打撃は肘痛があっても継続される傾向にあると考えられる．

投球障害肘の保存療法において一般的に投球は禁止されるが，打撃は痛みがないケースもあり許可されることが多い[2]．以前われわれは，肘関節内側部に骨傷がある場合でも打撃時の痛みを自覚していなかった選手が 7 割以上も存在したことを報告した[3]．このことから，投球障害肘の保存療法として，「打撃が安全かどうか」を明らかにし，選手の安全かつ早期復帰のための根拠を示す必要性を感じた．

そこで今回，投球障害肘にて肘関節内側上顆下端の裂離を呈した骨端線閉鎖前の選手を前向きに調査し，打撃実施の有無による骨癒合への影響について検討した．

対象と方法

対象は，肘内側部痛を主訴に受診し，内側上顆下端裂離と診断された骨端線閉鎖前の野球選手とし，2 ヵ月以上経過観察可能であったものとした．内訳は，2018 年 4 月から 2019 年 6 月にかけて練習や試合での打撃を許可した 41 名（以下許可群）平均年齢 11.2 ± 1.3 歳，比較群として 2016 年 4 月から 2018 年 3 月にかけて投球・打撃を禁止し，外固定が簡易装具固定（図 1a）だった 31 名（以下禁止 B 群）平均年齢 11.1 ± 1.0 歳，過去の保存的治療においてギプス固定（図 1b）だった 41 名[4]（以下禁止 G 群）平均年齢 11.4 ± 1.1 歳の計 3 群（表 1）とした．

許可群は，日常生活は簡易装具を装着し，野球時は装具除去し投球のみ禁止した．一方禁止群は，骨癒合が得られるまで投球・打撃共に禁止し，禁止 B 群は常時簡易装具固定，禁止 G 群は常時ギプスシーネ固定とした．

弥富雅信
〒 849-0306　小城市牛津町勝 1241-6
鶴田整形外科
TEL 0952-66-4114/FAX 0952-66-4133
鶴田整形外科
Tsuruta Orthopaedic Clinic



a　　b

図１　外固定方法
a：簡易装具.
b：ギプスシーネ.

表１　対象の内訳

項目	許可群 n＝41	禁止 B 群 n＝31	禁止 G 群 n＝41
平均年齢（歳）	11.2±1.3	11.1±1.0	11.4±1.1
投球	禁止	禁止	禁止
打撃	許可	禁止	禁止
外固定	簡易装具	簡易装具	ギプスシーネ
練習	フリー	簡易装具	ギプスシーネ

3 群間における骨癒合率，骨癒合が得られた者の骨癒合期間を比較検討した．さらに，許可群内での差を検討するため，許可群における骨癒合ありと骨癒合なしの 2 群に分け，年齢，身長，体重，ポジション割合，罹病期間，打撃時痛（初診時），投球側と打撃側が同側であるか対側であるかについて比較検討した．なお打撃時痛の定義は，フリーバッティング以上の実践打撃における肘関節の痛みとして聴取した．

群間における比率の比較には χ 二乗検定，3 群間の連続変数の比較には一元配置の分散分析，2 群間の連続変数の比較には Mann-Whitney U 検定をそれぞれ用い，有意水準は 5％未満とした．

結　　果

3 群間の骨癒合率は許可群は 41 肘中 25 肘 61.0％，禁止 B 群は 31 肘中 25 肘 80.6％，禁止 G 群は 41 肘中 36 肘 87.8％で，禁止 G 群が許可群に比べ有意に高い（$p<0.01$）結果だった（図 2）．3 群において骨癒合が認められたものの平均骨癒合期間は，許可群 3.8±1.8 ヵ月，禁止 B 群 2.2±1.5 ヵ月，禁止 G 群 1.7±0.5 ヵ月で，禁止 B 群禁止 G 群ともに許可群に比べ有意に短い（$p<0.01$）

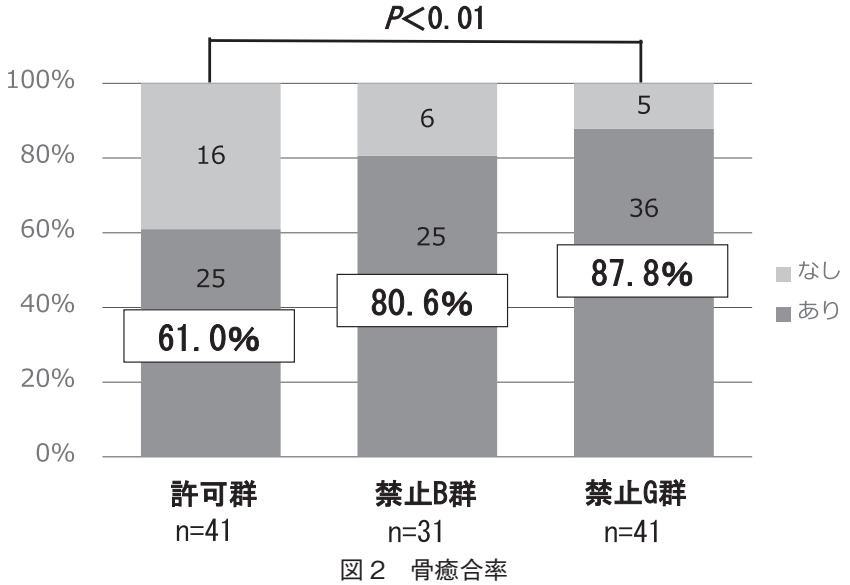


図２　骨癒合率

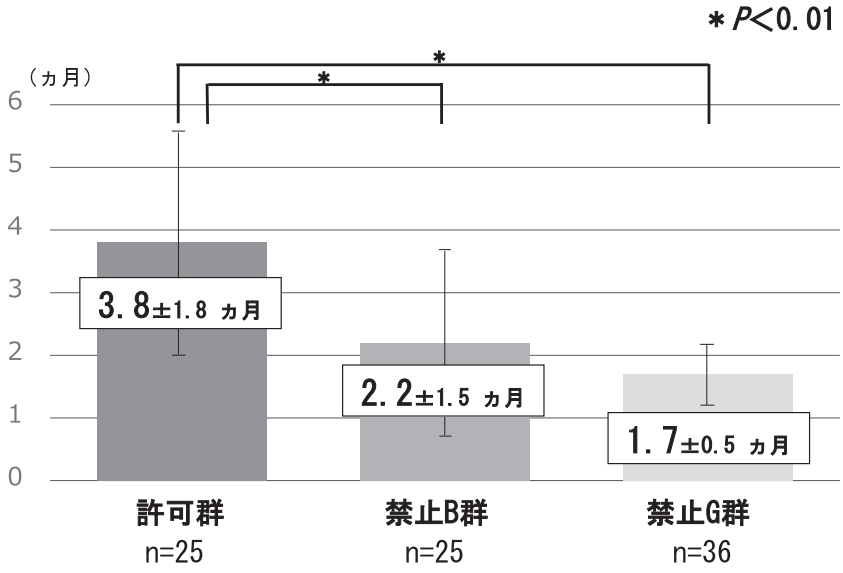


図３　骨癒合期間

表２　許可群における骨癒合群と未癒合群の比較

項目	癒合群 n＝25	未癒合群 n＝16	有意差
平均年齢（歳）	11.2±1.3	11.3±1.2	n.s.
身長（cm）	146.1±9.5	143.5±8.1	n.s.
体重（kg）	37.8±9.5	37.1±6.7	n.s.
ポジション 内訳（例）	投手 12　捕手 6 内野手 1　外野手 6	投手 8　捕手 3 内野手 3　外野手 2	n.s.
疼痛～受診（日）	21.4±37.9	21.5±30.9	n.s.
打撃痛（NRS）	0.6±1.6	2.2±3.1	$P<0.05$
投球側打撃側 （例）	同側 21（84%） 対側 4（16%）	同側 12（75%） 対側 4（25%）	n.s.

結果だった（図 3）.

また，許可群内における骨癒合の有無での比較では，年齢，身長，体重，ポジション割合，罹病期間，投球側打撃側において有意な差は認められなかった．しかし，打撃時痛においては未癒合群が有意に痛みの程度が高かった（$p<0.05$）（表 2）.

禁止群で骨癒合なしの特徴は，禁止 B 群の未癒合は 6 名で，投手 5 名，外野手 1 名，投打が同側 5 名，対側 1 名，疼痛から受診までの平均日数は 22.2±20.5 日であった．禁止 G 群の未癒合は 5 名で，投手 1 名，捕手 1 名，内野手 3 名，投打が同側 3 名，対側 2 名，疼痛から受診までの平均日数は 13.5±11.8 日であった.

考　　察

本研究の結果，打撃許可群は骨癒合率が低く，また骨癒合期間も長くなることが示唆された．打撃の有無が内側上顆下端裂離の修復過程に影響するかという過去の報告はわれわれが渉猟しえた限りでは見つからなかった．内側上顆下端裂離の保存療法に関する過去の報告では，打撃に関しては疼痛がなければ許可している報告[2, 5～9]が多くみられた．諸家の報告を比較したところ投球・打撃ともに許可し，外固定しない場合は骨癒合率が低いか骨癒合期間が長くなる傾向にあると思われる（表 3）.

打撃動作のバイオメカニクスにおいて，川村ら[10]は「スイング開始時からインパクトまでのフェイズにおける，トップ側肘関節の屈曲位からの伸展トルク・回外トルクの増大」を報告しており，さらに「スイング速度が速い選手は屈曲角度を強める傾向にある」と述べている．このトップ側肘関節の肢位は外反ストレスを助長させる肢位となる（図 4a）のではないかと考えられるが，打撃動作と肘関節内側へのストレスをバイオメカニクス的に報告したものはわれわれの渉猟しえた限りではなく，今後もさらなる調査が必要である.

また，バッドスイング最終局面のインパクトからフォロースルーにかけては，右打ちの場合右前腕は回内，手関節は屈曲し回内屈筋群は収縮を伴いながら肘が伸展されるというエキセントリックな負荷がかかり，この回内屈筋群の起始部に強いストレスを生じると考えられる（図 4b）．この結果解剖学的に回内屈筋群と一体化して

表３　内側上顆下端裂離の保存治療に関する過去報告

諸家	外固定	投球	打撃	骨癒合率（経過観察期間）	骨癒合期間
草野 2018	あり	×禁止	×禁止	96.7%（4.5±4.2 ヵ月）	記載なし
松浦 2018	なし	○疼痛消失で許可	○許可	90%（45 ヵ月）	12.3 ヵ月
原田 2010	なし	○疼痛消失で許可	○許可	73%（6 ヵ月）	記載なし
丸山 2014	なし	×禁止 理学所見陰性, 全身機能改善で許可	○許可 ※大振は禁止	72%（7.5 ヵ月）	4 ヵ月
山崎 2015	なし	△理学所見陰性で開始	○許可	25.7%（7.1 ヵ月）	記載なし

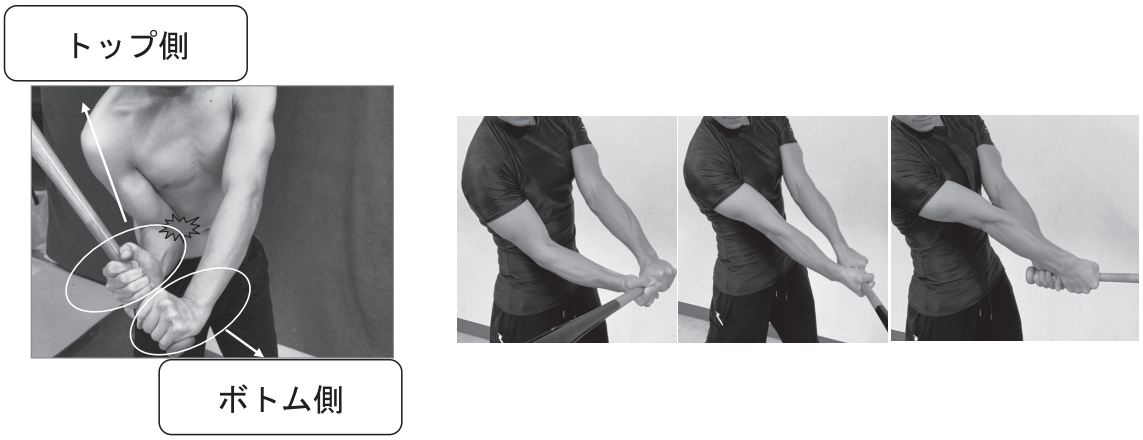


図４　打撃時の負荷
a：スイング開始からインパクト.
b：インパクトからフォロースルー.

いる肘内側側副靱帯には同様の牽引ストレスがかかるものと推察する.

以上２つの打撃時の肘関節にかかるストレスは，障害を惹起するまではないにせよ，骨癒合を優先とする保存療法には抵抗する可能性があると考える．内側上顆下端裂離を呈しても約７割の選手は打撃時痛を自覚していない[3]実情や，許可群における骨癒合の有無の比較において未癒合群における打撃時痛が有意に高かった結果を鑑みると，投球時痛に加え打撃時痛を有する場合は特に注意しなければならない.

本研究結果や考察を踏まえ内側上顆下端裂離後の打撃は，保存療法の抵抗因子の一要因になりうることが示唆され，打撃禁止は選手を安全かつ早期に復帰させる可能性があると考える．また，危険因子として投手・捕手・内野手のポジション，打撃時に肘関節に疼痛を呈していた選手などは骨癒合が不良であることから，積極的に打撃を禁止する考慮も必要かと考える．しかしながら，必ずしも打撃を禁止するという考えではなく，シーズン時期，チーム事情，指導者・保護者の育成方針など選手の置かれた状況を聴取して，ケースにより打撃禁止や固定方法を考慮することが必要ではないかと考える.

本研究の限界として，対象の野球現場で実施している打撃の強さの程度や量において把握しきれていないことがあげられる．また，打撃時痛に関して，打撃動作のどのフェイズのどこの箇所の痛みか詳細に聴取できていないことがあげられる．今後の課題として打撃動作と肘関節内側への負荷を明らかにしていく必要性がある.

結　　語

内側上顆下端裂離を呈した骨端線閉鎖前の 41 名を調査し，打撃実施の有無による影響について検討した．打撃許可群は禁止群と比べ，骨癒合率が低く，骨癒合期間も長い結果だった．打撃や固定方法を含めた患肢の使用状況が，内側上顆裂離後の保存療法に影響することが示唆された.

文　　献

1）平成 28 年度中学野球（軟式・硬式）実態調査報告書．一般財団法人　全日本野球協会，公益社団法人日本整形外科学会，公益財団法人　運動器の 10 年・日本協会，2017.
2）松浦哲也：内側上顆障害の保存的対応―形態と機能的修復―．山崎哲也ほか（編集）．肘実践講座　よくわかる野球肘　肘の内側部障害―病態と対応―．全日本病院出版会，東京: 164–170, 2016.
3）弥富雅信ほか：投球障害肘を呈した成長期野球選手の打撃時の痛みの検討．日肘関節会誌，25: 228–230, 2018.
4）鶴田敏幸ほか：成長期野球選手の上腕骨内側上顆下端分離骨片に対する初期治療．日肘関節会誌，20: 92–95, 2013.
5）草野寛ほか：肘関節の画像診療．関節外科，37: 78–92, 2018.
6）松浦哲也ほか：成長期野球肘内側障害の現況．日臨スポーツ医会誌，26: 294–296, 2018.
7）原田幹生ほか：成長期野球選手の上腕骨内側上顆裂離に対する保存治療成績．日肘関節会誌，17: 87–90, 2010.
8）丸山真博ほか：上腕骨内側上顆裂離に対する保存治療成績―再発に関する因子の検討―．日肘関節会誌，21: 69–73, 2014.
9）山崎哲也：肘スポーツ障害の治療と予防―内側・後方障害―．臨スポーツ医，32: 358–365, 2015.
10）川村卓ほか：野球の打撃における上肢の動作に関するキネマティクス的研究：ヘッドスピード上位群と下位群のスイング局面の比較．体育研，53: 423–438, 2008.

体操選手に生じたアキレス腱滑液包部骨性病変の治療経験

Bony Lesion in Retrocalcaneal Bursa in Gymnasts

面谷　透　Toru Omodani　　高橋　謙二　Kenji Takahashi
髙橋　達也　Tatsuya Takahashi

●Key words
体操選手，アキレス腱滑液包，骨性病変
Gymnast：Retrocalcaneal bursa：Bony lesion

●要旨
アキレス腱滑液包部に生じた骨性病変を有する体操選手3例を経験した．1例は保存的加療が奏効したが，2例は摘出術を要した．アキレス腱滑液包の遠位端を充填するKager's fat padの遠位端部は踵骨後上隆起とアキレス腱間の緩衝機能を有するとされるが，体操競技において最も強い負荷がかかるとされる踏切の瞬間は足関節の背屈が強制され，Kager's fat padの遠位端部は踵骨後上隆起とアキレス腱の間から脱出し，緩衝構造として機能しない．床運動によるアキレス腱の踵骨後上隆起表面への度重なる圧迫・剪断のストレスが踵骨後上隆起表面の骨軟骨組織の脱落を招き，アキレス腱滑液包内の炎症を招いたことが病態ではないかと推測した．

はじめに

アキレス腱滑液包は，踵骨とアキレス腱の間に存在する滑液包である．今回，アキレス腱滑液包部に骨性病変がみられた体操選手3例を経験した．治療内容・経過とともに，その病態に関する推察について報告する．

症　例

症例1　12歳女性

外傷等の誘因なく徐々に右後足部痛が出現した．発症から3ヵ月間経つも痛みが改善せず，床・跳馬の練習が困難となったため当院を受診した．アキレス腱滑液包部に限局した圧痛がみられた．単純X線では明らかな左右差はみられなかったが（図1），超音波検査ではアキレス腱滑液包に液体貯留と血流増加がみられた．また，踵骨後上隆起の皮質は不整であった（図2）．アキレス腱滑液包炎と診断し，床・跳馬の練習中止による患部の安静と，理学療法による保存加療を開始した．受診3ヵ月後の単純X線と超音波検査で，アキレス腱滑液包部に初診の時点ではみられなかった約3 mmの骨性病変と液体貯留がみられた（図3）．競技休止や理学療法を中心とした保存加療により痛みは徐々に改善し，受診4ヵ月目の時点で床・跳馬の練習が痛みなく可能となった．発症2年後の時点で骨性病変はいまだ残存しアキレス腱の腹側に付着しているが（図4），痛みの再燃なく競技を継続している．

症例2　11歳男性

外傷等の誘因なく徐々に右後足部痛が出現した．痛みに応じて練習量を調整しながら競技を継続するも，次第に床・跳馬の練習が困難となり，発症5ヵ月後に受診した．アキレス腱滑液包部に限局した圧痛がみられた．単純X線とCTでは，アキレス腱滑液包部の骨性病変と踵骨後上隆起の皮質不整がみられた（図5a・b）．超音波検査では骨性病変に加えて，アキレス腱滑液包に著明な液体貯留と著しい血流増加がみられた（図5c）．安静や理学療法による保存加療を行なうも症状の改善に乏しかったため，受診3ヵ月後に鏡視下手術を施行した．ア

面谷　透
〒274-0822　船橋市飯山満町1-833
船橋整形外科病院スポーツ医学・関節センター
TEL 047-425-5585

船橋整形外科病院スポーツ医学・関節センター
Funabashi Orthopaedic Hospital, Sports Medicine & Joint Center

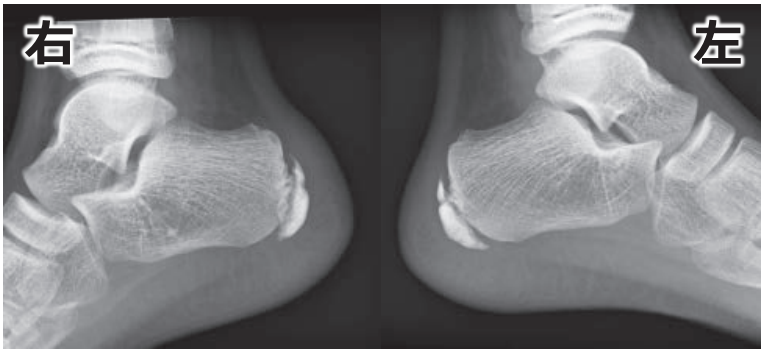


図１　踵骨単純 X 線側面像
明らかな左右差はなかった.

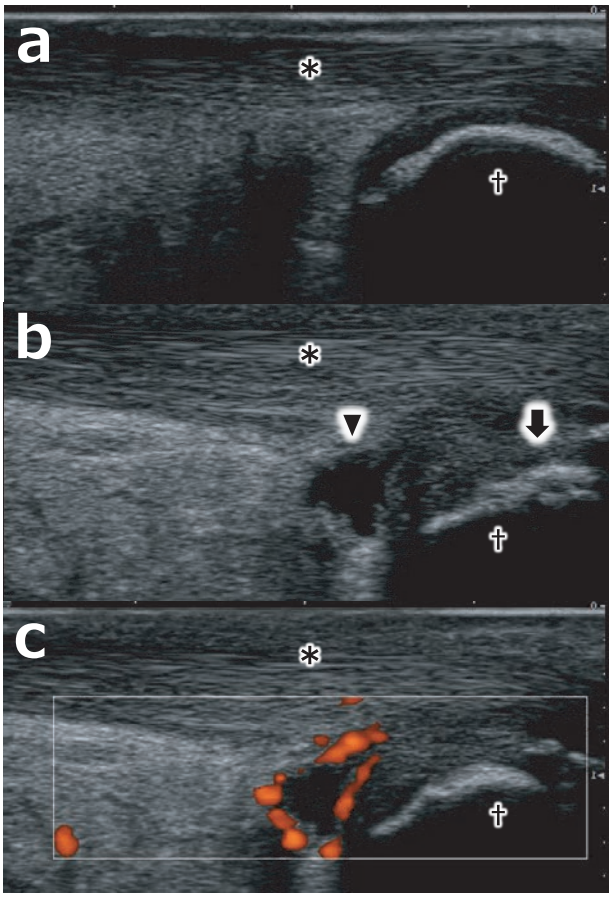


図２　a：健側のアキレス腱滑液包部の超音波所見（B モード）
b：患側のアキレス腱滑液包部の超音波所見（B モード）
アキレス腱滑液包の液体貯留（矢頭）と，踵骨後上隆起皮質の不整（矢印）がみられた.
c：患側のアキレス腱滑液包部の超音波所見（パワードップラーモード）
アキレス腱滑液包部に血流の増加がみられた.
＊：アキレス腱.　†：踵骨後上隆起.

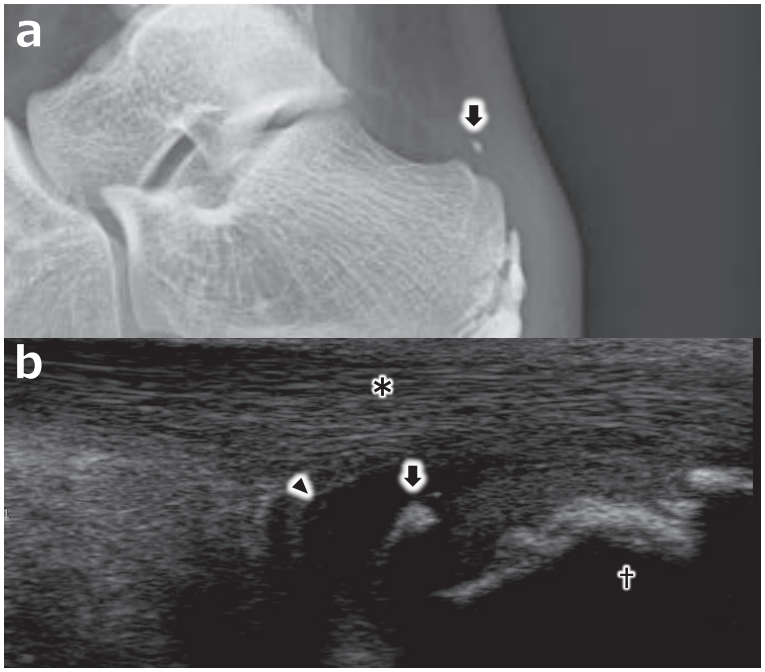


図３　a：受診３ヵ月後の踵骨単純 X 線側面像
アキレス腱滑液包部に骨性病変（矢印）がみられた.
b：受診３ヵ月後のアキレス腱滑液包部の超音波所見
アキレス腱滑液包部に骨性病変（矢印）と液体貯留（矢頭）がみられた.
＊：アキレス腱.　†：踵骨後上隆起.

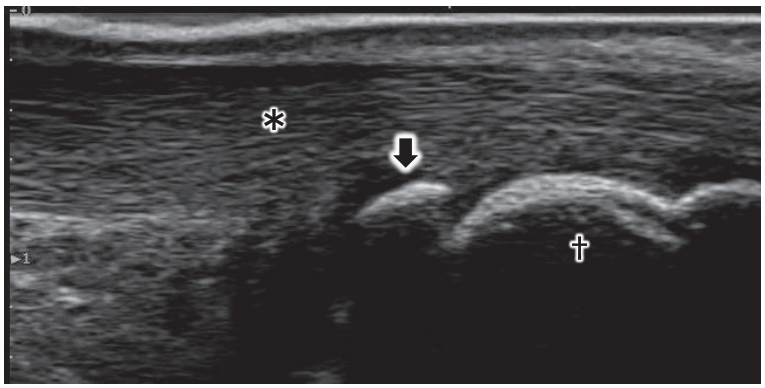


図４　発症後２年の時点でのアキレス腱滑液包部の超音波所見
骨性病変（矢印）はいまだ残存し，アキレス腱の腹側に付着している.
＊：アキレス腱.　†：踵骨後上隆起.

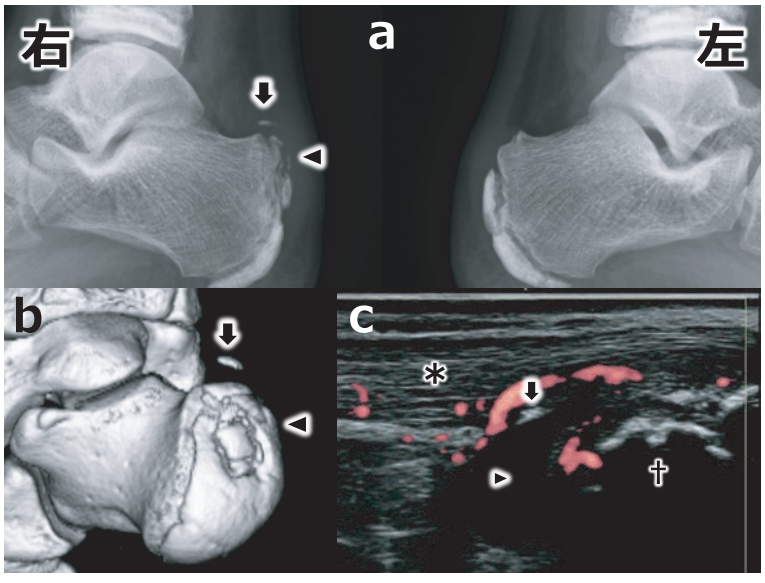


図５　a：踵骨単純 X 線側面像
b：踵骨 3DCT
アキレス腱滑液包部の骨性病変（矢印）と，踵骨後上隆起の不整（矢頭）がみられた.
c：アキレス腱滑液包部の超音波所見（パワードップラーモード）
骨性病変（矢印）に加え，アキレス腱滑液包に著明な液体貯留（矢頭）と，著しい血流増加がみられた.
＊：アキレス腱.　†：踵骨後上隆起.

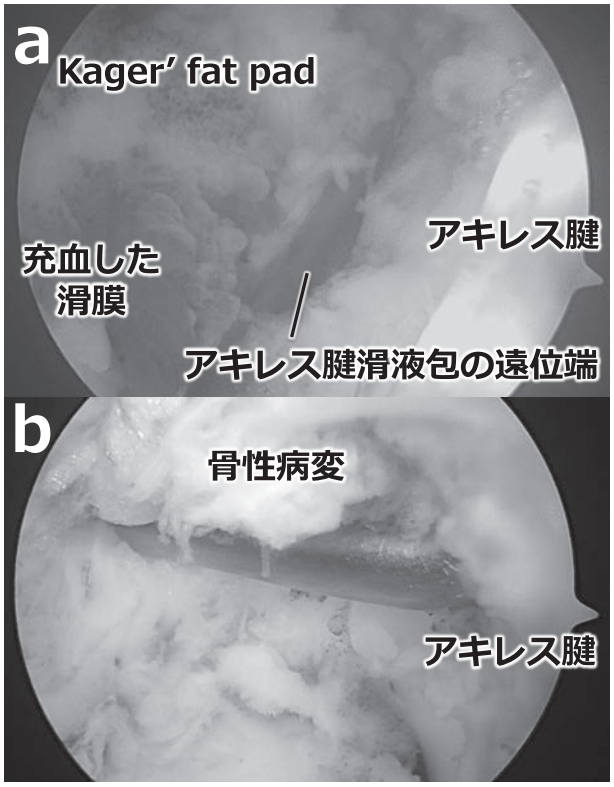


図６　a：アキレス腱滑液包内の鏡視所見①
アキレス腱滑液包内では充血した滑膜が増殖していた．
b：アキレス腱滑液包内の鏡視所見②
骨性病変はアキレス腱の腹側に線維性に付着していた．

キレス腱滑液包内では充血した滑膜が増殖しており，一部を摘出して病理検査に提出後，焼灼・切除した．骨性病変はアキレス腱の腹側に線維性に付着しており，切除して病理検査に提出した（図 6）．病理検査の結果，骨生病変は 4×5×5 mm の骨組織であった．また，滑膜組織には血管の増生・うっ血所見と，滑膜表層細胞の増殖・リンパ球の浸潤がみられた．術後 2 ヵ月目から走行を再開し，3 ヵ月目から床・跳馬の練習を再開した．術後 1 年半の時点で痛みの再燃なく競技を行なっており，アキレス腱滑液包部の骨性病変や液体貯留の再発はない（図 7）．

症例３　16 歳女性

外傷等の誘因なく徐々に右後足部痛が出現した．発症 5 年後から痛みが増悪し，近医でステロイド注射を複数回受けていた．徐々に注射の効果が乏しくなり，発症して 7 年後に当院を受診した．アキレス腱滑液包部に可動性を伴う腫瘤があり，圧痛がみられた．単純 X 線と CT でアキレス腱滑液包部に約 10 mm の骨片が複数みられ，MRI T2 強調画像では骨片を中心に高信号変化がみられた（図 8a・b・c）．鏡視下で骨片を摘出し（図 8d），術後 3 ヵ月目から床・跳馬の練習を再開した．術後 1 年半の時点で痛みの再燃なく競技を行なっている．

考　　察

アキレス腱滑液包内に生じた Synovial Osteochondromatosis の報告はあるが，画像所見やその病理は本症例

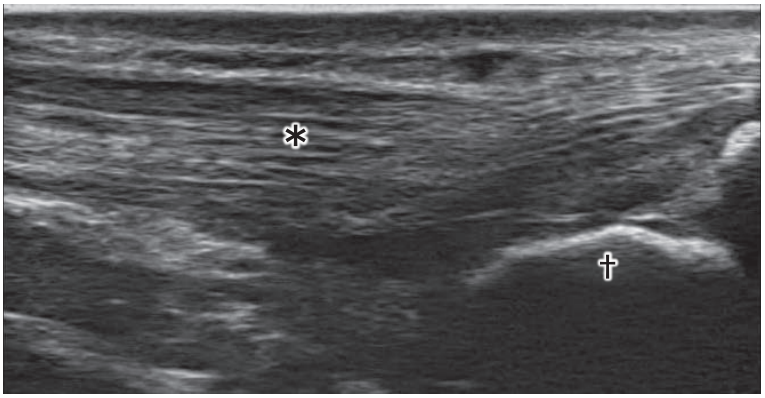


図７　術後 1 年半の時点でのアキレス腱滑液包部の超音波所見
アキレス腱滑液包部の骨性病変や液体貯留の再発はない．
＊：アキレス腱．†：踵骨後上隆起．

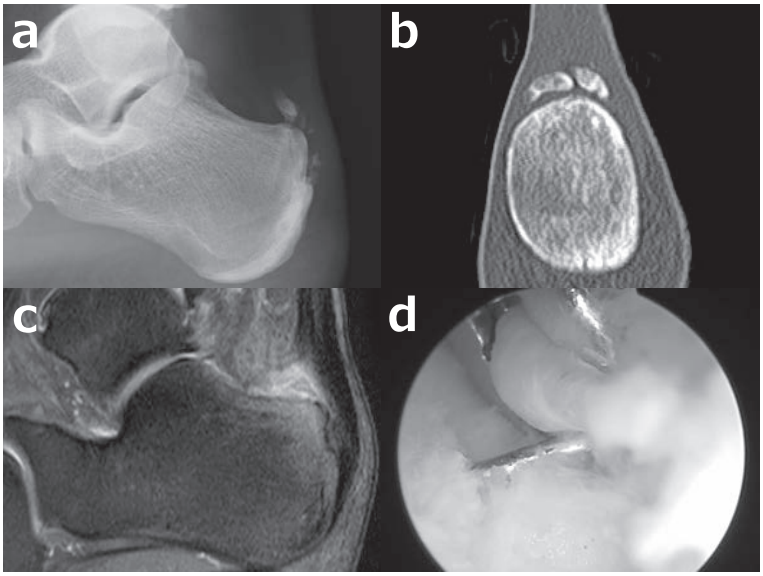


図 8　a：踵骨単純 X 線側面像
b：踵骨 CT 冠状断
c：MRI T2 強調画像
d：アキレス腱滑液包内の鏡視所見
単純 X 線と CT でアキレス腱滑液包部に約 10 mm の骨片が複数みられ（図 8a，b），MRI T2 強調画像では骨片を中心に高信号変化が認められた（図 8c）．鏡視下で骨片を摘出した（図 8d）．

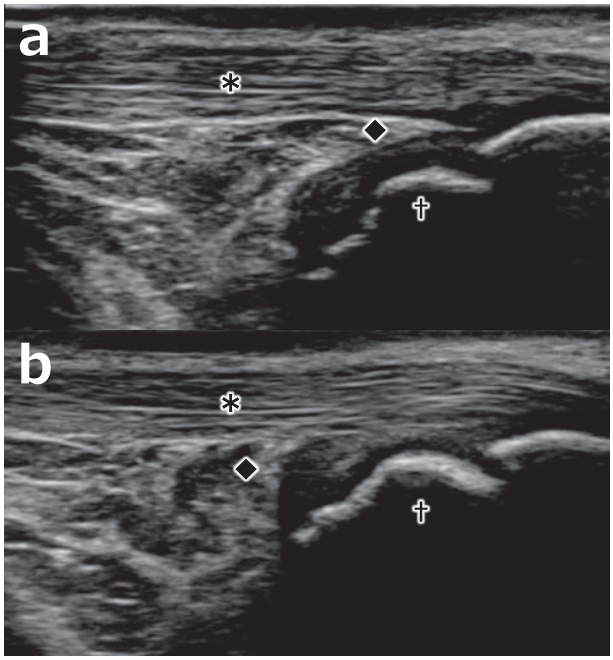


図 9　a：足関節底屈時のアキレス腱滑液包の超音波所見
b：足関節背屈時のアキレス腱滑液包の超音波所見
足関節底屈位では Kager's fat pad の遠位端部（◆）は，アキレス腱（＊）と踵骨後上隆起（†）の間を充填しているが，背屈位では両者間のスペースから脱出する．

とは明らかに異なる[1, 2]．本症例と同様の報告は渉猟しうる限りではなかった．

本症例は全て体操競技の選手であり，その競技特異性とアキレス腱滑液包部の組織の動態を関連付けて病態を推測した．体操競技において足部・足関節に最も負担がかかるのは，床運動における後方宙返り系の踏切や着地であるとされる[3, 4]．アキレス腱滑液包の遠位端を充填する Kager's fat pad の遠位端部は，足関節底屈位では踵骨後上隆起とアキレス腱間の緩衝機能を有するとされるが，踏切の瞬間は足関節の背屈が強制され，Kager's fat pad の遠位端部は踵骨後上隆起とアキレス腱の間から脱出し，緩衝構造として機能しない[5]（図 9）．アキレス腱からの剪断力を受けた踵骨後上隆起では，表面の軟骨組織の変性や肥厚，剥離や裂離が生じることが報告されている[6, 7]．以上より，体操競技においては足関節背屈位での踏切や着地が多いという競技特性があり，アキレス腱の踵骨後上隆起表面への度重なる圧迫・剪断のストレスが踵骨後上隆起表面組織の損傷を招いたものと思われる．病理検査では骨組織が同定されたことから，踵骨後上隆起表面の線維軟骨組織だけでなく，その下層に存在する骨も含んだ骨軟骨骨折が発生していたと考えられる．そして，脱落した骨軟骨組織がアキレス腱滑液包内の滑膜に対し機械的な刺激を与えた結果，アキレス腱滑液包内の炎症を招いたことが病態ではないかと推察した（図 10）．実際，骨端線閉鎖前の症例 1 と 2 において

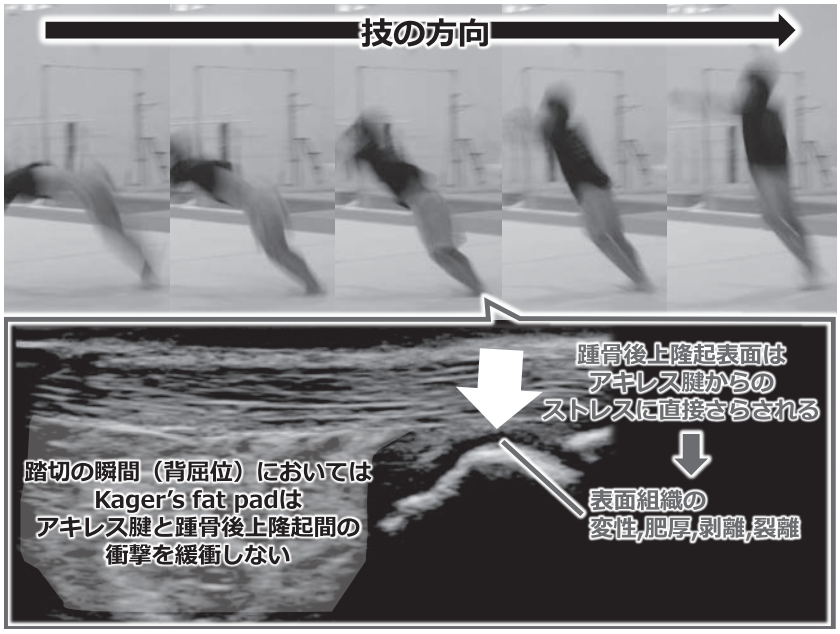


図 10　床の後方宙返り系の踏切の瞬間に，アキレス腱滑液包で起こると推測される病態

は患側に踵骨後上隆起表面の皮質不整がみられ，同部に対する物理的なストレスの蓄積があったことをうかがわせた．また，症例 2 において切除された滑膜組織には血管の増生とうっ血所見がみられ，同部の炎症が生じていたことが示唆された．

結　　語

アキレス腱滑液包部骨性病変がみられた体操選手 3 例を経験した．1 例は保存加療が奏効したが，2 例は手術を要した．足関節背屈位での踏切や着地に伴う踵骨後上隆起へのアキレス腱の圧迫・剪断力が発症に関与しているのではないかと推察した．

文　　献

1）Hashimoto N et al: Synovial osteochondromatosis of the retrocalcaneal bursa. A case report. J Bone Joint Surg Am, 78: 1741–1745, 1996.
2）Giordano V et al: Synovial osteochondromatosis of the retrocalcaneal bursa: a case study. Foot Ankle Int, 20: 534–537, 1999.
3）Dennis J Caine et al: Handbook of Sports Medicine and Science, Gymnastics. 1st ed. John Wiley & Sons, Ltd, New York: 63–74, 2013.
4）P Brüggemann: Mechanical load on the achilles tendon during rapid dynamic sport movements. In: Stephan M Perren et al, eds. Biomechanics: Current Interdisciplinary Research, Springer London, London: 669–674, 1985.
5）Theobald P et al: The functional anatomy of Kager's fat pad in relation to retrocalcaneal problems and other hindfoot disorders. J. Anat., 208: 91–97, 2006.
6）篠原靖司ほか：スポーツ外傷・障害に対するヒアルロン酸局所注入療法の適応と実際．整外最小侵襲術誌，69: 2–9, 2013.
7）篠原靖司：腱付着部障害の病因と病態．関節外科，36: 12–19, 2017.

腰椎分離症における矢状断分離部骨折線の角度が臨床成績に及ぼす影響

Influence of Clinical Results According to the Angle of Fracture Line in the Sagittal Section in Athletes with Lumbar Spondylolysis

奥脇　駿[1)]　Shun Okuwaki
小川　健[1)]　Takeshi Ogawa
平野　篤[1)]　Atsushi Hirano
辰村　正紀[1)]　Masaki Tatsumura
万本　健生[1)]　Takeo Mammoto
山崎　正志[2)]　Masashi Yamazaki

●Key words
Spondylolysis：Angle of sagittal fracture line：The risk factors for pseudoarthrosis

●要旨
腰椎分離症における，CT 矢状断の分離部骨折線の角度が臨床成績に及ぼす影響について調査した．期間は 2015 年 4 月から 2019 年 2 月までとし，第 5 腰椎における CT 矢状断分離部骨折線の角度を調査した．骨癒合群（U 群）56 分離 45 例，偽関節群（F 群）36 分離 30 例であり，矢状断分離部骨折線の角度は U 群で 64.85±10.19 度，F 群で 60.11±15.99 度であり，両群間に有意差はなかった（$p=0.14$）．また，矢状断分離部骨折線の角度が小さい水平群は全体の 5.4％（92 分離中 5 分離）と稀な病態であった．矢状断分離部骨折線の角度が骨癒合へ及ぼす影響は大きくなかった．

はじめに

腰椎分離症は発育期のスポーツ選手に好発し，そのメカニズムについては慢性的な伸展・回旋ストレスにより発症することが知られている[1)]．腰椎分離症の骨折線はさまざまな形態を有することがわかってきており[2)]，力学的負荷・生体構造の差異で骨折線の角度が変化することが推察される．これまでに CT 矢状断において骨折の起始部や骨折線の角度による臨床成績の報告はわれわれの渉猟し得た限りでは認められなかった．今回われわれは腰椎分離症患者における矢状断の分離部骨折線の角度が臨床成績に及ぼす影響について調査したため報告する．

方　法

2015 年 4 月から 2019 年 2 月までの期間に当院を受診した腰椎分離症患者で，診断後から運動の中止，半硬性コルセットの着用，理学療法の介入といった保存療法を行ない，初診時 MRI の STIR 像で認めた信号変化が消失した時点で CT を撮影し最終的な骨癒合の有無を観察し得た症例を対象とした．対象高位は第 5 腰椎（以下 L5）に限定した．CT 矢状断での評価方法には大場ら[3)]が提唱する矢状断分類を用い，骨折が確認できるⅠ～Ⅱ期で計測を行なった．両側例は左右別々に計測し集計した．Ⅰ期病変でも骨折線の傾きを計測できないものは除外した．

癒合状態によって骨癒合群（U 群）と偽関節群（F 群）とに群別した．評価項目は，年齢，性別，罹患側，病期，潜在性二分脊椎（以下 SBO）の有無，競技種目，

奥脇　駿
〒 306-0433　茨城県猿島郡境町 2190
茨城西南医療センター病院
TEL 0280-87-8111
E-mail shunokuwaki@tsukuba-seikei.jp

1）筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター/茨城県厚生連総合病院水戸協同病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, University of Tsukuba Hospital Mito Clinical Education and Training Center / Department of Orthopaedic Surgery, Mito Kyodo General Hospital
2）筑波大学医学医療系整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tsukuba

X 線学的指標として，立位中間位における第 1 腰椎頭側終板と第 1 仙椎頭側終板のなす角度である腰椎前弯角（以下 LL：図 1a）および第 1 仙椎頭側終板と水平線のなす角度である仙骨傾斜角（以下 SS：図 1b）を計測し，矢状断分離部骨折線の角度として CT 矢状断椎体後壁から引いた垂線に対する骨折線の傾きを計測した値を調査した（図 2a）．年齢，性別，罹患側，病期，SBO の有無，LL，SS，矢状断分離部骨折線の角度について比較検討を行なった．

また，本研究において集計された矢状断分離部骨折線の角度の中央値である 43.5 度（2〜85 度）を区切りとして 43.5 度以上を垂直型（V 型，図 2b），43.5 度未満を水平型（H 型，図 2c）と定義してその特徴を調査した．

統計解析ソフトは IBM SPSS Statistics version 23 を用いて，両群間の性差，罹患側，SBO の有無の比較は χ^2 検定で解析，年齢，病期の進行度，矢状断分離部骨折線の角度の群間比較は Mann-Whitney 検定で解析，LL,SS の群間比較は両側 t 検定で解析した．なお有意水準は $p=0.05$ とした．

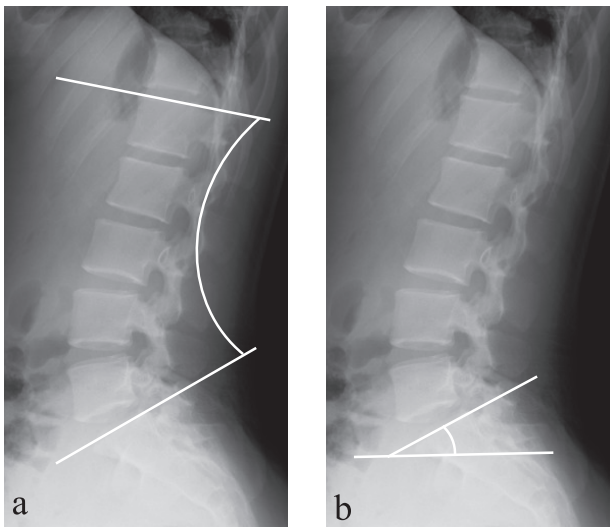


図 1　腰椎前弯角および仙骨傾斜角
a：第 1 腰椎頭側終板と第 1 仙椎頭側終板のなす角度である腰椎前弯角（LL）．
b：第 1 仙椎頭側終板と水平線のなす角度である仙骨傾斜角（SS）．

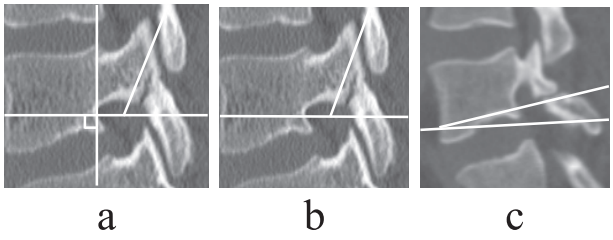


図 2　矢状断分離部骨折線の角度
a：CT 矢状断椎体後壁から引いた垂線に対する骨折線の傾き．
b：垂直型（角度≧43.5 度）．
c：水平型（角度＜43.5 度）．

結　　果

L5 の矢状断分類でⅠ〜Ⅱ期の症例が U 群 92 分離 73 例，F 群 41 分離 30 例であった．そのうち CT 矢状断で骨折線の角度が計測できないものが U 群 36 分離，F 群 5 分離あり，それらを除外した U 群 56 分離 45 例，F 群 36 分離 30 例を今回の対象とした．U 群の平均年齢は 14.2 歳，男女比が 37：8 であり，F 群は平均年齢が 13.9 歳，男女比が 26：4 であった（年齢 $p=0.74$，男女比 $p=0.28$）．U 群は両側例 20 例，片側例 25 例（右：5 例，左：20 例）であり，F 群は両側例 25 例，片側例 5 例（右：1 例，左 4 例）であった（$p<0.05$）．SBO の保有率は U 群で 35 分離（62.5％），F 群で 20 分離（66.7％）であった（$p=0.16$）．病期は U 群においてⅠa 期 8 分離，Ⅰb 期 19 分離，Ⅰc 期 19 分離，Ⅱ期 10 分離，F 群においてⅠa 期 1 分離，Ⅰb 期 5 分離，Ⅰc 期 6 分離，Ⅱ期 24 分離であった（$p<0.05$）．競技種目に関して，両群ともにサッカーが最も多く，ついで野球/ソフトボールの順に多かった．U 群では LL30.51±8.50，SS34.49±8.78，F 群 で LL33.90±10.05，SS34.80±8.95 と両群間に有意差は認めなかった（LL $p=0.12$，SS $p=$

表 1　患者背景

	U 群	F 群	p 値
症例数/分離数	45 例/56 分離	30 例/36 分離	
年齢（歳）	14.2（8-17）	13.9（11-17）	0.74
性別（例）			
男	37	26	0.28
女	9	4	
罹患側			
両側（例）	20	25	＜0.05
片側（例，左右）	25，右 5 左 20	5，右 4 左 1	
病期（分離数）			
Ⅰa 期	8	1	＜0.05
Ⅰb 期	19	5	
Ⅰc 期	19	6	
Ⅱ期	10	24	
SBO（分離数）			
＋	35	20	0.16
－	21	10	
競技種目（例）			
サッカー	17	7	
野球/ソフトボール	11	6	
バレーボール	5	2	
バスケットボール	4	4	
軟式/硬式テニス	3	1	
陸上	2	3	
柔道	0	3	
水泳	1	2	
その他	2	2	
LL（度）	30.51±8.50	33.90±10.05	0.12
SS（度）	34.49±8.78	34.80±8.95	0.77

表２　水平型５例の内訳

症例 No.	性別	年齢	競技	病態	左右	病期（右/左）	骨折線の傾き（右/左）	SBO	LL	SS	経過
1	男	17	バレーボール	片側	左	Ⅱ	—/37	+	40	32	癒合
2	男	12	野球	片側	左	Ⅰc	—/26	+	29	34	癒合
3	男	14	卓球	両側	左	Ⅱ/Ⅱ	57/42	+	40	34	偽関節
4	男	13	野球	片側	左	Ⅱ	—/ 7	+	36	36	偽関節
5	男	16	陸上	両側	右	Ⅱ/Ⅱ	2/68	−	30	25	偽関節

0.77）（表 1）．矢状断分離部の骨折線の角度はU群で64.85±10.19度，F群で60.11±15.99度であり，両群間に有意差はなかった（$p=0.14$）．

V型が87分離（U群54分離，F群33分離），45度未満であるH型が5分離（U群2分離，F群3分離）であった．H型の症例は全例男性，SBO保有率は80.0%（5分離中4分離）であり，年齢に傾向は見られず，スポーツ種目はばらつきが見られた（表2）．

考　　察

腰椎分離症の発生機序として，慢性的な伸展・屈曲ストレスが当該椎体の椎間関節突起間部にかかることが知られている[1]．Teraiら[4]によれば腰椎の伸展・回旋動作で椎間関節突起間部の腹側・尾側に応力が集中し骨折が生じるとされ，全例で骨折線は頭尾側方向へ延伸したと報告されている．

今回は癒合した群と偽関節化した群とで角度の比較を行なった．両群間には矢状断分離部骨折線の角度について有意差は出なかった．その理由としてはこれまで骨癒合に影響を及ぼす因子として病期分類の進行度，障害高位，両側例，対側偽関節例，SBOの有無，ハムストリングスの柔軟性の低下などが報告[5~7]されており，それら交絡因子が今回の比較では調整されていないことが一因と考える．矢状断分離部骨折線の角度はその発生メカニズムに違いはあると推察されるものの，骨癒合に与える影響は大きくないと思われる．

LL，SSが椎間関節突起間部に及ぼす影響として，運動選手においてはLLが大きい傾向にあり，分離部にせん断力，圧迫力がより強くかかり骨欠損に影響を及ぼすという報告[8]や，SSが40度以上で分離部により強いせん断力が働き，また角度の小さいSSでは「nutcracker」様の負荷が分離部にかかるメカニズムが指摘されており，SSによって椎間関節突起間部へかかる力学的負荷の違いが示唆されている[9]．今回の研究では，背景としてのLL，SSの比較にとどめたが，今後は矢状断分離部骨折線の角度とLL，SSについては今後も調査を重ねて検討すべき項目と思われる．

今回認められた特徴として，骨折線が水平方向へ延伸するH型は非常に稀ではあり全体の5.4%（92分離中5分離）に認めた．その臨床的な特徴としては癒合率が40%（5分離中2分離）で，SBO保有率が80%（5分離中4分離）と過去の報告と比較してやや癒合率が低く，SBOの保有率が高い結果であった[10, 11]．SBOの有無が癒合率に影響することは前述したが，椎間関節突起間部への力学的負荷の違いがどのように生じるかはわかっていない．比較的稀なH型に関しては，症例数は少ないものの癒合に不利に働く要因を含んでいる可能性があり，今後症例数を増やして臨床成績との関連を調査する必要があると思われた．

本研究の限界として一定の傾向は見出せたものの，多変量解析を行なうには症例数が少なく，両群間の背景を統一できておらず統計学的な検討が不十分な点があげられる．また今回の検討では便宜上本研究で集計した矢状断分離部骨折線の角度の中央値である43.5度で群別したが，その値の設定において論理的根拠が不十分であることや，骨折線の角度を測定するスライスが統一できておらず，検者内誤差や検者間誤差を評価していないことなどがあげられる．

結　　語

本研究では腰椎分離症における矢状断分離部骨折線の角度が臨床成績へ及ぼす影響を調べたが，癒合の有無で比較した結果では有意差は出なかった．今後は症例数を増やして背景因子を調整した上でLL, SSなどのアライメント評価を含めて追加調査が必要である．また，本研究では矢状断分離部骨折線の角度が水平方向に傾くH型は症例数としては稀であり，その発生様式や臨床成績など検討を重ねる必要がある．

文　　献

1）Sairyo K et al: Athletes with unilateral spondylolysis are at risk of stress fracture at the contralateral pedicle and pars interarticularis: a clinical and biomechanical study. Am J Sports Med, 33: 583–590, 2005.
2）Viana SL et al: Atypical, unusual, and misleading imaging presentations of spondylolysis. Skeletal Radiol, 44: 1253–1262, 2015.
3）大場俊二：腰椎疲労骨折の治療と復帰―治療開始3ヵ月が重要―．整スポ会誌，34: 312–321, 2014.
4）Terai T et al: Spondylolysis originates in the ventral aspect of the pars interarticularis: a clinical and biomechanical study. J Bone Joint Surg Br, 92:

1123–1127, 2010.
5）Yamazaki K et al: High defect stage, contralateral defects, and poor flexibility are negative predictive factors of bone union in pediatric and adolescent athletes with spondylolysis. J Med Invest, 65: 126–130, 2018.
6）辰村正紀ほか：片側終末期分離症の対側に発生した腰椎分離症における新鮮分離部の癒合率．日臨スポーツ医会誌，25: 367–373, 2017.
7）石本立ほか：腰椎分離症に対し保存療法を施行した症例の検討：潜在性二分脊椎併発の有無と片側・両側分離が癒合率，癒合期間に及ぼす影響．関東整災外会誌，48: 76–81, 2017.
8）Shurley JP et al: Spondylolysis in American football players: etiology, symptoms, and implications for strength and conditioning specialists. Strength Cond J, 38: 40–51, 2016.
9）Roussouly P et al: Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5–s1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. Spine, 31: 2484–2490, 2006.
10）奥脇駿ほか：発育期スポーツにおける腰椎分離症患者の解析と積極的保存療法．整スポ会誌，38: 172–176, 2018.
11）辰村正紀ほか：腰椎分離症治療の update．別冊整形外，37: 102–107, 2018.

大学サッカー選手の足関節捻挫に関する検討 ―メディカルチェック結果との関係について―

Study for Ankle Sprains in College Soccer Players -Relations with Results of Medical Checkup-

小松　猛[1)]　Takeshi Komatsu　　池田　樹広[2)]　Shigehiro Ikeda

●Key words
サッカー，足関節捻挫，メディカルチェック

●要旨
目的：入学後に足関節捻挫をした大学サッカー選手の入学時メディカルチェック（MC）結果との関係について検討すること．
対象と方法：対象は，関西学生サッカー 1 部リーグ所属の大学サッカー部に所属し入学時にアンケートと足関節超音波検査を行なった 111 人のうち，入学後からの調査期間内に足関節捻挫を受傷した 21 人 25 関節について，MC の結果から捻挫する選手の傾向を分析した．
結果および結論：身体接触を伴う捻挫（C 群）が 8 関節，接触がない状態での捻挫（N 群）が 17 関節であった．MC の超音波検査で前距腓靱帯の異常を認めた 11 関節中 10 関節は N 群であり，前方不安定性を認めた関節はすべて N 群であった．

はじめに

サッカーは足でボールを扱う競技特性上，足関節の外傷および障害が非常に多いスポーツで，その多くは内反捻挫による前距腓靱帯（ATFL）損傷である．足関節捻挫を繰り返すことで靱帯不全による前方不安定性が残存し，それがさらなる他の足関節障害を引き起こすこともしばしば認められる．

大学サッカー選手の中に，入学時すでに足関節機能の低下が存在する選手がしばしばみられ，そのような選手は入学後も捻挫の再発や関節不安定性からくる合併損傷を起こす可能性が十分あり得ることが容易に想像できる．

藤高らは，大学男子サッカーチームの 10 年間での傷害発生状況を報告しており，足関節捻挫が傷害全体の 20.8％で最も多く，1 年生時の発生が有意に多かったと述べている[1)]．

よって，大学入学後もサッカー選手にとって足関節捻挫は，最も注意しなければならないスポーツ外傷であることが言える．

Tyler らは高校生フットボール選手 152 人に対するコホート研究で，捻挫の既往を持つ選手はノンコンタクトプレーでの内反捻挫の発生率が 6 倍以上高かったと報告している[2)]．

そして，足関節捻挫を繰り返すことで，足関節痛，腫脹，関節不安定性が慢性的に残存する慢性足関節不安定症（chronic ankle instability；CAI）へと進んでいき，実際に CAI となっているスポーツ選手は少なくない．CAI になると活動レベルが低下する[3)]だけでなく，変形性足関節症になるリスクもあると言われている[4)]．

それらを防ぐために，CAI を持つ者に対して傷害予防のための各種トレーニングが検討され，その効果についても報告されている[5)]が，それにも関わらずスポーツ現場では相変わらず捻挫の再発や他の合併損傷が起こっているのが現状である．

スポーツ外傷・障害を防ぐためには，まず傷害の現状を把握して，そのリスクを探ることが非常に重要になってくる．

そこで今回は，大学入学後に足関節捻挫を受傷した大

小松　猛
〒 520-0503　大津市北比良 1204 番地
びわこ成蹊スポーツ大学
TEL 077-596-8455

1）びわこ成蹊スポーツ大学
Biwako Seikei Sport College
2）貴島病院本院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kishima Hon-in Hospital

学サッカー選手の入学時に行なったメディカルチェックの結果を調査し，傷害発生リスクとの関係について検討を行なった．

対象と方法

対象は関西学生サッカー 1 部リーグの大学サッカー部に所属する 2017 年度および 2018 年度に入学した男子学生で，入学時にメディカルチェック（以下 MC）としてアンケート調査と足関節超音波検査を行なった 111 人のうち，2017 年 4 月 1 日から 2019 年 2 月 28 日までの期間で足関節捻挫をした 21 人 25 関節である．足関節捻挫の確認は，大学保健センターで行なっている「スポーツ傷害相談」窓口での診察，またはサッカー部学生トレーナーが部活中に起こった選手の外傷・障害について記録している傷害報告書から行なった．保健センターでの診療録やトレーナーが記録している傷害報告書には，受傷した側，受傷機転なども記載されている．

MC で行なったアンケートは，捻挫の有無，受傷回数などの既往に関する質問項目を選択形式で回答してもらった．

同じく足関節超音波検査は，一人の検者（T.K）が外果の裂離骨片の有無，ATFL の状態，関節前方不安定性の有無について確認をした．ATFL の状態については，付着部である外果・距骨の裂離骨片の有無も含めて，①正常（図 1a），②裂離骨片あり（図 1b），③ATFL の連続性はあるが線維配列が乱れている（図 1c），④ATFL の連続性が途絶している（図 1d），の 4 つに分類し，①以外の②～④を「ATFL 異常」とした．前方不安定性の測定は，被験者の測定足を検者の大腿の上に載せて，外果-ATFL-距骨を超音波で確認した状態のまま，検者が超音波のプローベを持つ方と反対の手で被験者の下腿遠位を持ち前後にストレスを加えながら超音波画像を確認した．ストレスをかけることで，目視上外果と距骨間の位置関係がずれるようにスライドしたり，距離が明らかに開大するのが画面上で確認された場合を不安定性（＋）とした．

そして，大学入学後に足関節捻挫を起こした選手に対して，受傷の状況や MC の結果を分析して，傷害を起こす選手に何らかの傾向があるのかを検討した．

統計学的検討については，IBM SPSS Statistics 25 を使用した．χ^2（カイ二乗）検定を用いて比較を行ない，5%未満を有意差ありとした．

結　　果

調査期間内で足関節捻挫を起こした 21 人 25 関節のうち，右足関節捻挫は 14 人 16 関節，左足関節捻挫は 9 人 9 関節であった．その中で，同側の捻挫を 2 回繰り返した選手が 1 人，両側の捻挫を 1 回ずつ起こした選手が 1

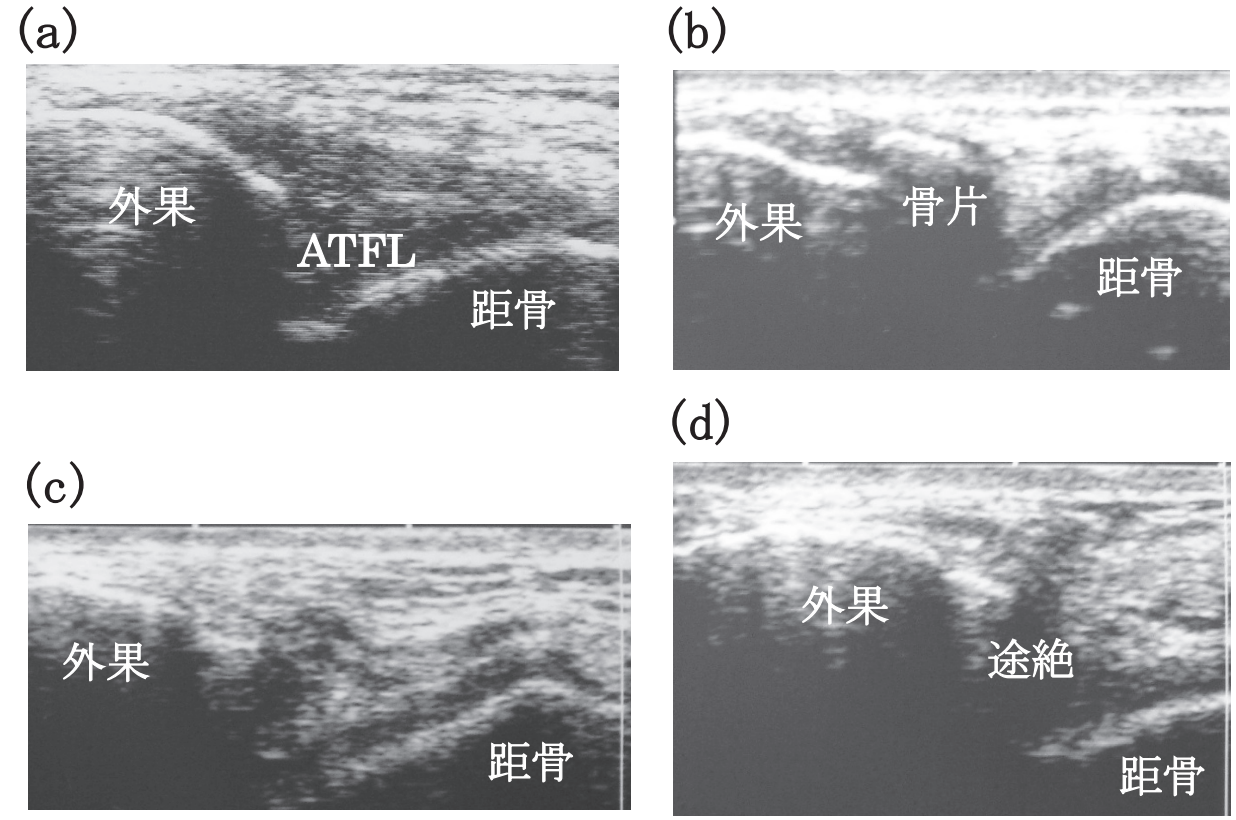


図 1　ATFL の超音波所見
（a）正常，（b）剥離骨片あり，（c）靱帯線維の乱れ，（d）連続性途絶．

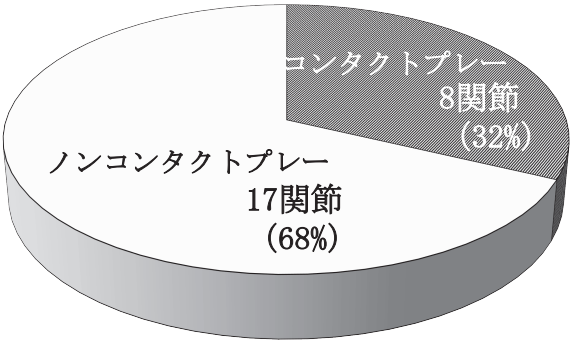


図２　捻挫の受傷機転

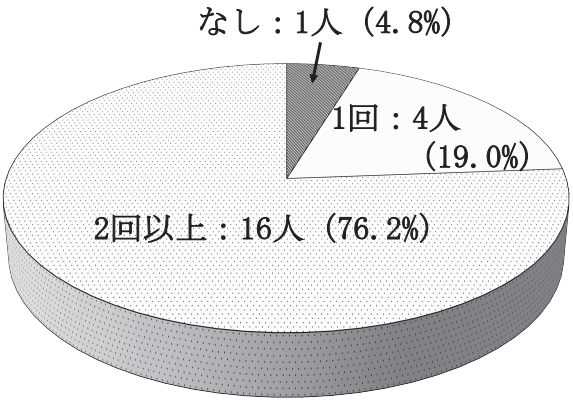


図３　捻挫した選手の大学入学前までの捻挫歴

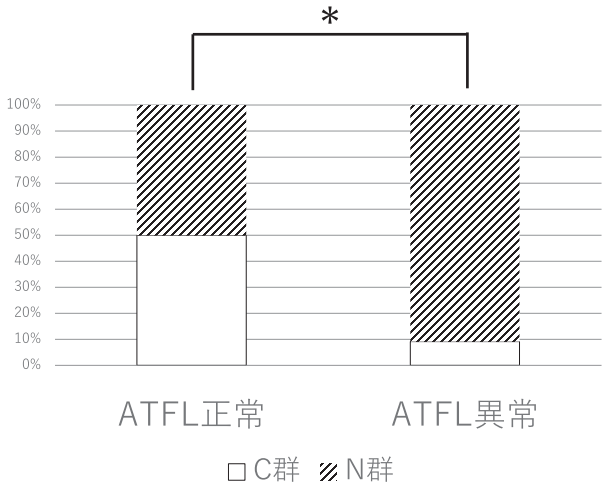
人，同側の捻挫を２回繰り返し反対側の捻挫も１回起こした選手が１人，それぞれ存在した．

受傷機転は，身体接触（コンタクト）した際の捻挫（C 群）が８関節（32%），接触のない状態（ノンコンタクト）での捻挫（N 群）が 17 関節（68％）であった（図 2）．

捻挫をした 21 人に対する MC のアンケート調査では，大学入学までの捻挫の既往が「なし」が１人（4.8％），「1 回」が４人（19.0％），「2 回以上」が 16 人（76.2%）であった（図 3）．そして，２回以上の捻挫をしている 16 人のうち４回以上とさらに多数回捻挫を繰り返している既往がある選手は９人（56.3％）であった．

捻挫を起こした側の足関節で，MC の超音波検査にて ATFL が正常であったのは 14 関節（56％），異常を認めたのは 11 関節（44％）であった．受傷機転別に見ると，MC で ATFL 正常であった選手の受傷機転は C 群，N 群とも７関節（50%）ずつであったのに対し，ATFL 異常であった選手は C 群１関節（9％），N 群 10 関節（91％）と，ATFL 異常を認めた選手は明らかにノンコンタクトプレーでの受傷が多く，その比率は ATFL 正常の選手と比較して統計学的有意差を認めた（p= 0.015．図 4）．

さらに，ATFL 異常で不安定性（＋）であった７関節については，足関節捻挫の受傷機転がすべて N 群に入っていた．



＊：$p<0.05$

図４　捻挫の受傷機転と ATFL の状態との関係

考　　察

足関節捻挫は，整形外科領域で遭遇する外傷の代表的な傷病である．Waterman らは，アメリカでは年間 1,000 人当たり 2.15 件足関節捻挫が発生しており，その約半数はスポーツ活動中に起こっていたと報告している[6]．そして，サッカー選手が受傷する外傷の中でも足関節捻挫は頻度が高く，今日まで数々の傷害報告が述べられている．Aoki らは，日本のプロサッカーリーグ（J リーグ）で起こった 1993～2007 年の 15 年間で起こった 2,947 件のうち，足関節捻挫は 523 件で最も多かったと報告している[7]．また，池田らは 2011 年シーズンの J リーグ，なでしこリーグ，F リーグにおける公式戦での外傷の発生状況について述べており，いずれも足関節靱帯損傷が最多であったと報告している[8]．

このように足関節捻挫は多くのサッカー選手が経験している外傷で，再受傷することも珍しくない．そして，大学生になっても競技選手としてプレーを継続していれば，捻挫を繰り返しているうちに足関節外側靱帯不全による不安定性を持つ選手が，比較的多く存在するのではないかと考える．

今回は，入学時にメディカルチェックをした大学生サッカー選手の，入学後の足関節捻挫の状況について調査した．その結果では，２年弱の調査から大学入学後に捻挫した選手の４分の３以上は複数回捻挫の既往があり，さらにその半数以上は多数回の捻挫を経験していることから，捻挫を繰り返すことによって大学入学時にはすでに足関節機能の低下が進んだ状態になっていることが考えられる．

Tyler は高校生フットボール選手 152 人に対するコホート研究で，捻挫の既往を持つ選手はノンコンタクトプレーでの内反捻挫の発生率が６倍以上高かったと報告している[2]ことから，捻挫の既往の有無がその後の受傷

にも大きく影響していることが言える.

本研究では，ノンコンタクトプレーで受傷した足関節の 90%以上が，超音波検査で ATFL の異常を認めていた．さらに，不安定性を認めた 7 関節すべてがノンコンタクトプレーでの受傷であった.

ノンコンタクトプレーで受傷するのは，足関節構造体の器質的異常による不安定症（mechanical ankle instability; MAI）だけでなく，固有受容感覚の低下や関節周囲筋力の低下などの足関節機能低下による不安定症（functional ankle instability; FAI）の状態にも陥っており，それが CAI の病態であると言われている[9].

CAI を改善するためのトレーニング効果についても検討はされており，Hall は足関節周囲筋トレーニングやバランストレーニングによって改善することを述べている[5].

今後は，CAI の状態になっている捻挫再受傷の高リスク群に対して，トレーニングを介入することでスポーツ活動中の外傷・障害を減少させて，大学での充実したサッカー選手生活を送ることができるように努めていきたいと考えている.

結　　語

大学サッカー選手の足関節捻挫に関する調査で，受傷した選手の 3/4 以上が大学入学前までに複数回の捻挫を経験していた．さらに，入学時メディカルチェックで ATFL の器質的異常を認めた選手の足関節捻挫は，90%以上がノンコンタクトプレーでの受傷であった.

ATFL の器質的異常があり，特に足関節不安定性を有する選手は，CAI に陥っている可能性が高いことから，今後は外傷・障害に対する予防の取り組みが重要になると考えられた.

文　　献

1）藤高紘平ほか：大学男子サッカーチームにおける 10 年間の傷害発生状況．日臨スポーツ医会誌，22: 463–472, 2014.
2）Tyler TF et al: Risk factors for noncontact ankle sprains in high school football players: the role of previous ankle sprains and body mass index. Am J Sports Med, 34: 471–475, 2006.
3）Hubbard–Turner T et al: Physical activity levels in college students with chronic ankle instability. J Athl Train, 50: 742–747, 2015.
4）Valderrabano V et al: Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. Am J Sports Med, 34: 612–620, 2006.
5）Hall EA et al: Balance– and strength–training protocols to improve chronic ankle instability deficits, Part I: assessing clinical outcome measures. J Athl Train, 53: 568–577, 2018.
6）Waterman BR et al: The epidemiology of ankle sprains in the United States. J Bone Joint Surg Am, 92: 2279–2284, 2010.
7）Aoki H et al: A 15–year prospective epidemiological account of acute traumatic injuries during official professional soccer league matches in Japan. Am J Sports Med, 40: 1006–1014, 2012.
8）池田浩ほか：各競技におけるスポーツ外傷発生調査 2–1. サッカー ～J リーグ，なでしこリーグ，F リーグにおける外傷調査～(2011)．日本体育協会スポーツ医・科学研究報告．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―．2011: 33–40, 2011.
9）Delahunt E et al: Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. Med Sci Sports Exerc, 42: 2106–2121, 2010.

リスフラン靱帯損傷に対するスーチャーボタン固定の治療成績

The Outcome of Suture Button Fixation Treatment for Lisfranc Injury

撫井　貴弘[1, 2] Takahiro Mui
田中　寿典[1] Kazunori Tanaka
田中　康仁[2] Yasuhito Tanaka
磯本　慎二[1] Shinji Isomoto
杉本　和也[1] Kazuya Sugimoto

●Key words
Suture button fixation：Tight rope®：Lisfranc injury

●要旨
リスフラン靱帯損傷に対するスーチャーボタン固定の治療成績を報告する．
対象は 2012～2017 年にリスフラン靱帯損傷で手術を施行した 7 例 7 足．第 2 中足骨と内側楔状骨，内側楔状骨と中間楔状骨をスーチャーボタンで固定した．術後臨床評価はスポーツ復帰時期（受傷競技への練習復帰）と疼痛の有無，X 線学的評価は術前後の荷重時足正面像の第 1・2 中足骨間距離健患差を計測した．
全例スポーツ復帰し，復帰時期は平均 13.7 週であった．5 例は疼痛なく，1 例でリスフラン靱帯部に圧痛が残存，1 例で術後感染を生じた．第 1・2 中足骨間距離健患差は術前平均 1.3 mm，術後 0.5 mm で全例改善した．
本術式は早期スポーツ復帰に対して有効な治療法の一つとなり得る．

はじめに

リスフラン靱帯は第 1 楔状骨から第 2 中足骨部基部へ斜めに走る靱帯である[1]．リスフラン靱帯は足部に長軸方向の軸圧がかかって損傷すると考えられており，スポーツでの受傷が多い[2]．X 線所見が乏しいため，適切な治療を受けることなく経過することも少なくない[3]．リスフラン靱帯損傷は治療が不十分であると疼痛が残存し，スポーツ復帰に障害となるため適切な治療が必要である．損傷程度が強い場合は，手術療法が選択されるが，これまではスクリュー固定が一般的であった．近年スーチャーボタン固定による治療が報告されており[4]，今回，同術式の治療成績を報告する．

症例と方法

対象は当院で 2012～2017 年にリスフラン靱帯損傷で手術を施行した 7 例 7 足（表 1）．性別は男性 4 名，女性 3 名．年齢は 17～22 歳で平均 19.2 歳．スポーツ種目はラグビー 4 例，バスケットボール 2 例，器械体操 1 例であった．リスフラン靱帯部の圧痛と荷重時足正面像における第 1・2 中足間距離健患差がみられた場合，リスフラン靱帯損傷と診断した．そのうち第 1・2 中足間距離が健側に比して 0.5 mm 以上開大する場合に健患差があると判断した．1 mm 以上の健患差を原則として手術適応としたが，それ以下でも症状が強いものでは手術を選択した．全例で CT を施行し，全例で内側楔状骨と 2 中足間の開大を認め，4 例（症例 4，5，7，8）で内側楔状骨と第 2 中足骨の間に靱帯剥離後と考えられる骨片を認めた．MRI は 1 例（症例 1）で試行し，靱帯部の輝度変化を認めた．受傷から手術までの期間は 8 日～14 週（平均 5 週）．経過観察期間は 6～35 ヵ月（平均 17.9 ヵ月）であった．
手術は第 2 中足骨基部外側を切開し，第 2 中足骨基部外側からガイドワイヤーを内側楔状骨に向けて刺入し

撫井貴弘
〒 634-0831　橿原市四条町 840 番地
奈良県立医科大学整形外科学教室
TEL 0744-22-3051
1）奈良県総合医療センター整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nara Medical University
2）奈良県立医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nara Prefecture General Medical Center

表 1　症例一覧表

症例	受傷時年齢	性別	部位	受傷競技	受傷から手術までの期間	Follow up 期間	スポーツ復帰	術前健患差（mm）	術後荷重開始時の健患差（mm）	術最終観察時の健患差（mm）	疼痛
1	17	女性	左	器械体操	10 週	1 年 9 ヵ月	20 週	1.6	0.6	0.6	残存
2	21	男性	右	ラグビー	14 週	2 年 11 ヵ月	12 週	1.1	0.5	0.5	なし
3	17	女性	右	バスケットボール	11 日	2 年 9 ヵ月	16 週	0.5	−2.9	0.1	なし
4	18	男性	右	ラグビー	8 日	6 ヵ月	16 週	1.2	0.9	0.9	残存
5	22	男性	左	ラグビー	3 週	10 ヵ月	12 週	1.4	NA	NA	なし
6	22	男性	左	ラグビー	9 日	6 ヵ月	8 週	0.8	0.2	0.2	なし
7	18	女性	左	バスケットボール	4 週	1 年 1 ヵ月	12 週	2.1	0.1	0.9	なし

NA：観察時に X 線撮影なし

た．さらに内側楔状骨から中間楔状骨にガイドワイヤーを刺入した．第 2 中足骨と内側楔状骨，内側楔状骨と中間楔状骨にスーチャーボタンを挿入し，健側を参考に透視を確認しながら骨鉗子を用いて各骨間を圧迫し整復後，スーチャーボタンを固定した．受傷から 2 ヵ月以上経過した 2 例に対しては第 2 中足骨と内側楔状骨間に介在する瘢痕組織を掻爬後にスーチャーボタン固定を施行した．後療法は，初期の 2 例は術後ギプス固定を行なったが，それ以外は術翌日から可動域訓練を行なった．荷重は術翌日より踵荷重歩行，術後 4 週から足底挿板を使用し足裏全体荷重，術後 8 週で踏み返し，術後 12 週で運動開始（受傷競技への練習復帰）を許可した．術後臨床評価は手術からスポーツ復帰（受傷競技への練習復帰）までの期間と疼痛の有無，X 線学的評価は術前，術後荷重開始時，最終経過観察時の荷重時足正面像における第 1・2 中足骨間距離健患差を電子画像の距離計測ツールを用いて計測した．測定部位は第 2 中足骨基部より第 1 中足骨へ水平線をとり第 1・2 中足骨間の最短距離を計測した．100 分の 1 mm を四捨五入した．

結　　果

全症例スポーツ復帰し，手術から復帰までの期間は 8〜20 週（平均 13.7 週）であった．1 例（症例 6）でわれわれが設定した期間より早く運動復帰したが，疼痛がないため自己判断で練習を開始していた．1 例（症例 5）で術後経過観察時の X 線評価ができなかったため，術後 X 線学的評価から除外した．術前第 1・2 中足骨間距離の健患差は 0.5 mm〜2.1 mm（平均 1.3 mm），術後最終観察時の健患差は 0.1 mm〜0.9 mm（平均 0.5 mm）であり全例が改善していた（図 1）．術後荷重開始時と最終観察時を比較すると 2 例において荷重による第 1・2 中足骨間位距離の開大を認めた（症例 3，7）．5 例で疼痛なく，1 例でリスフラン靱帯部に圧痛が残存したが競技には支障なかった．1 例（症例 4）に術後感染を生じたため，術後 3 週でスーチャーボタンを抜去した．競技復帰したが疼痛は残存した．

症例提示

21 歳男性（症例 2）．ラグビー中に後方よりタックルされ受傷した．近医で保存的加療を受けたが，疼痛が持

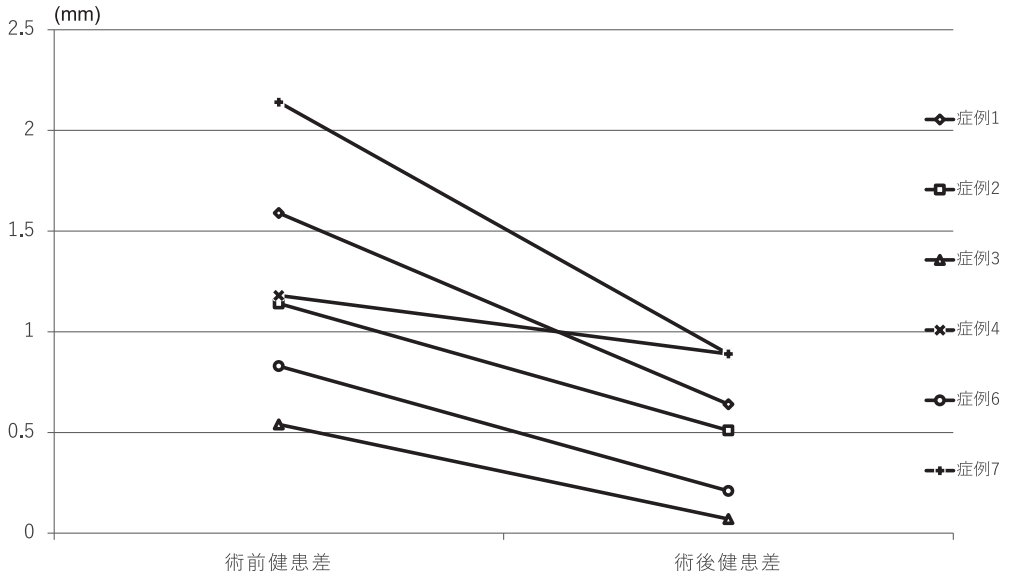


図 1　術前後の荷重時足正面像における第 1・2 中足骨間距離健患差

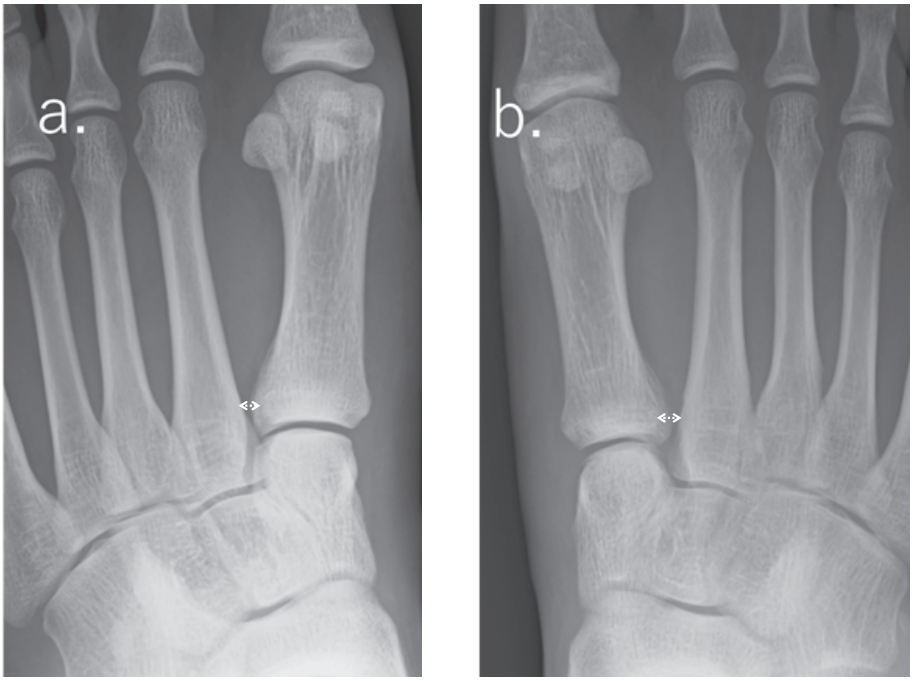


図２　初診時足荷重位 X 線（a. 健側，b. 患側）
第１・２中足骨間距離の健患差は 1.1 mm であった（双方向白矢印）.

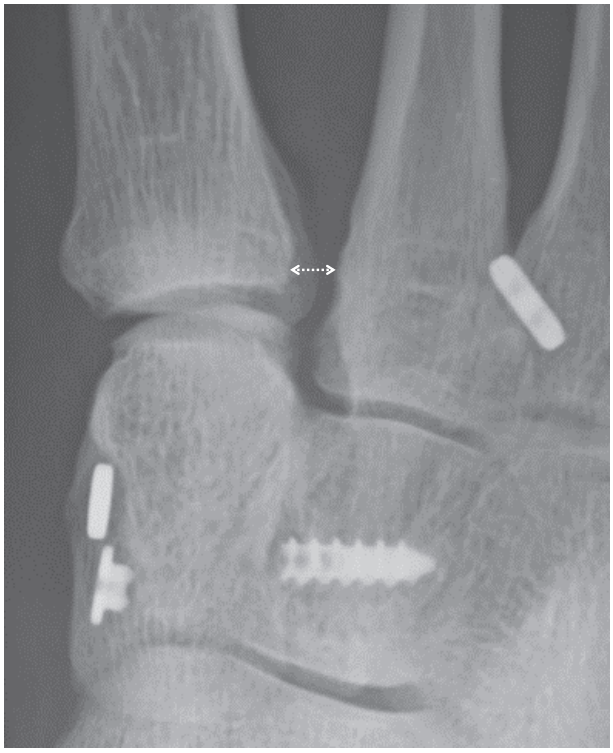


図３　術後８ヵ月荷重位 X 線
第１・２中足骨間距離の健患差は 0.5 mm と改善を認めた（双方向白矢印）.

続するため受傷後 10 週で当科受診した．初診時足部荷重位 X 線では第１・２中足骨間の離開を認め，第１・２中足骨間距離は 2.6 mm，健患差は 1.1 mm であった（図 2）．リスフラン靱帯損傷と診断し，受傷後 12 週で手術を施行した．術後３ヵ月で運動を再開し，術後４ヵ月で競技に完全復帰した．術後８ヵ月第１・２中足間距離の健患差は 0.5 mm であり再離開は認めなかった（図 3）．最終調査時の術後３年で疼痛なくスポーツ可能であった.

考　　察

リスフラン靱帯損傷は X 線画像上の変化がわずかながら症状が重篤な中足部の外傷として 1990 年前後から認識されるようになった[5, 6].

Nunley ら[7] は，重症度を荷重時 X 線所見によって３つに分類している．間隙を健側と比較し，開大が明らかではないものを stage Ⅰ，開大が 2〜5 mm であるものを stage Ⅱ，開大が 5 mm 以上でアーチの低下がみられるものを stage Ⅲとしている．杉本[2] は Nunley らの基準が欧米人の体格に基づいたものであることを考慮すると，日本人の場合はリスフラン靱帯部の開大が健側差 2 mm 未満であっても健側差が明らかな場合は stage Ⅱとしても良いと考えると述べている.

stage Ⅰではギプス固定，足底板による保存療法，stage Ⅲでは手術療法が一般的に選択される[1]．Stage Ⅱについて，Shapiro[8] や Osbahr[9] らは保存療法で全例スポーツ復帰できたという報告をしている一方，Crates ら[10] は第１・２中足骨間距離の健患差を認める症例の 62.5％で保存療法の成績が不良であり手術を要したと報告している．保存療法の成績が不良であった場合，追加手術では競技復帰までに長期間を要する可能性があるため，スポーツ選手では早期手術療法が良いと考えられる．Nunley ら[7] は健患差 2 mm の stage Ⅱを手術適応

としているが，われわれは健患差 0.5 mm 以上であれば健患差が明らかな場合と考え，1 mm 以上の健患差を原則として手術適応とした．Nunley らの基準と比較して健患差が小さい症例でも手術を行なった理由として，1 つめに足の小さい日本人では Nunley らの欧米人の基準では大きい可能性，2 つめに疼痛の強い状態では患側の荷重が難しく，健患差が出にくい可能性，3 つめに開大が小さい症例でも，スポーツ選手の早期復帰のためには保存療法より手術が有利である可能性があげられる．手術療法にはスクリュー固定が一般的であったが，近年スーチャーボタン固定が報告されている[11]．スポーツ選手でスーチャーボタン固定を行なった報告は渉猟し得た限り 19 例であった[4, 12~14]．全例で合併症なくスポーツ復帰可能であった．スクリュー固定とスーチャーボタン固定を比較すると，固定性について，Panchbhavi ら[15] は cadaver による実験では差がなかったと報告している．スクリューを全例抜去するかについては術者によってさまざまである[3] が，スクリューの長期留置はスクリュー折損のリスク[15] があると報告されている．一方でスクリュー抜去後の第 1・2 中足骨間再離開[16] についても報告されているため，スクリュー抜去は 4 ヵ月以降が推奨されている[11]．スーチャーボタン固定はスクリューのような折損のリスクがないため，早期荷重が可能であり，また抜去せずにスポーツ復帰が可能なため，復帰後の再離開も少ないと考えられた．

スポーツ復帰時期（受傷競技への練習復帰）について，過去の報告ではスクリュー固定を行なった 53 例[7, 8, 17~19] は 7～36 週（平均 14.4 週）であったが，スーチャーボタン固定を行なった 7 例[4, 14] は 8～17 週（平均 13.7 週）であった．われわれの症例では，平均 13.7 週でスポーツ復帰しており，比較的早期のスポーツ復帰が可能であった．また，感染を起こした症例を除いて，復帰後の経過は良好であり，最終観察時第 1・2 中足骨間距離は術前と比較し改善していた．

今回われわれは，早期復帰を目指すスポーツ選手に対しては，第 1・2 中足間距離が健患差 2 mm 未満であっても手術を行なった．術後感染を起こさなかった 6 例の結果は良く，手術の有効性が示唆された．しかし，7 例中 1 例（14%）に感染の合併症があったことを考慮すると必ずしも良好とは言えなかった．また，本研究の限界として症例数が少なく保存療法との比較がない点がある．第 1・2 中足間距離の健患差が小さいリスフラン靱帯損傷の手術適応は議論の的であり，今後もさらなる検討が必要である．

結　　語

本術式は早期復帰を目指す，スポーツ選手におけるリスフラン靱帯損傷に対して有効な治療法の一つとなり得る．

文　　献

1）Coughlin MJ et al: Mann's surgery of the foot and ankle. 9th ed. Mosby, US: 1642-1649, 2013.
2）杉本和也：リスフラン靱帯損傷の保存療法．整・災外，53: 713-717, 2010.
3）Eleftheriou KI et al: Lisfranc injury in the athlete: evidence supporting management from sprain to fracture dislocation. Foot Ankle Clin, 18: 219-236, 2013.
4）Cottom JM et al: Treatment of Lisfranc fracture dislocations with an interosseous suture button technique: a review of 3 cases. J Foot Ankle Surg, 47: 250-258, 2008.
5）Faciszewski T et al: Subtle injuries of the Lisfranc joint. J Bone Joint Surg Am, 72: 1519-1522, 1990.
6）Myerson M: The diagnosis and treatment of injuries to the Lisfranc joint complex. Orthop Clin North Am, 20: 655-664, 1989.
7）Nunley JA et al: Classification, investigation, and management of midfoot sprains: Lisfranc injuries in the athlete. Am J Sports Med, 30: 871-878, 2002.
8）Shapiro MS et al: Rupture of Lisfranc's ligament in athletes. Am J Sports Med, 22: 687-691, 1994.
9）Osbahr DC et al: Midfoot sprains in the national football league. Am J Orthop（Belle Mead NJ）, 43: 557-561, 2014.
10）Crates JM et al: Subtle Lisfranc subluxation: results of operative and nonoperative treatment. J Foot Ankle Surg, 54: 350-355, 2015.
11）Seybold JD et al: Lisfranc injuries: when to observe, fix, of fuse. Clin Sports Med, 34: 705-723, 2015.
12）Brin YS et al: Lisfranc injury repair with the TightRope device: a short-term case series. Foot Ankle Int, 31: 624-627, 2010.
13）Charlton T et al: Suture button fixation treatment of chronic Lisfranc injury in professional dancers and high-level athletes. J Dance Med Sci, 19: 135-139, 2015.
14）Jain K et al: Results of suture button fixation with targeting device aid for displaced ligamentous Lisfranc injuries in the elite athlete. Foot（Edinb）, 30: 43-46, 2017.
15）Panchbhavi VK et al: Screw fixation compared with suture-button fixation of isolated Lisfranc ligament injuries. J Bone Joint Surg Am, 91: 1143-1148, 2009.
16）Ly TV et al: Treatment of primarily ligamentous

Lisfranc joint injuries: primary arthrodesis compared with open reduction and internal fixation. A prospective, randomized study. J Bone Joint Surg Am, 88: 514–520, 2006.
17）Curtis MJ et al: Tarsometatarsal joint injuries in the athlete. Am J Sports Med, 21: 497–502, 1993.
18）Wagner E et al: Early weight-bearing after percutaneous reduction and screw fixation for low-energy Lisfranc injury. Foot Ankle Int, 34: 978–983, 2013.
19）Deol RS et al: Return to training and playing after acute Lisfranc injuries in elite professional soccer and rugby player. Am J Sports Med, 44: 166–170, 2016.

ゼロポジション保持機能と肩甲骨周囲筋筋力の関係

Relationship between Zero-position Holding Function and Scapular Muscle Strength

高橋　知之[1)]　Tomoyuki Takahashi
尾﨑　尚代[2, 3, 4)]　Hisayo Ozaki
田鹿佑太朗[2, 5)]　Yutaro Tajika
田村　将希[1, 2)]　Masaki Tamura
鈴木　　昌[2, 5)]　Masashi Suzuki
西中　直也[2, 5)]　Naoya Nishinaka

●Key words
ゼロポジション保持機能，肩甲骨周囲筋力，検者内信頼性

●要旨
目的：ゼロポジション保持機能と肩甲骨周囲筋筋力の関係を明らかにすること．
方法：ゼロポジション近似肢位での肩外旋筋力と肘伸展筋力および肩甲骨周囲筋筋力を計測した．ゼロポジション近似肢位での肩外旋筋力高値群と低値群，ゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力高値群と低値群に群分けし，肩甲骨周囲筋筋力を比較した．
結果：ゼロポジション近似肢位での肩外旋筋力高値群は低値群より有意に前鋸筋筋力が強く，ゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力高値群は低値群より有意に前鋸筋筋力が強かった．
結論：前鋸筋筋力がゼロポジション保持機能に関係している可能性が示唆された．

はじめに

投球動作中の肩関節最大外旋位では投球側の肩関節には約 67 Nm の内旋トルクが生じ，肘関節には約 64 Nm の外反ストレスに対する内反トルクが生じると報告されている[1)]．このようなストレスを増大させるといわれる不良な投球フォームの代表例として，両肩を結んだ線より肘の位置が低い「肘下がり」のフォーム[2)]やフットコンタクト前に側方から片側の上前腸骨棘が見えなくなる「開き」の投球フォーム[3)]が指摘されている．Matsuo ら[4)]は投球動作中の肩外転角度の低下が肘外反ストレスを強めると報告し，Akeda ら[5)]はレイトコッキングにおける肩外転角度低下がインターナルインピンジメントの接触圧を強めると報告している．Konda ら[6)]は 20 名のプロ野球選手の投球動作の 3 次元動作解析で肩最大外旋位において上腕骨と肩甲棘が肩甲骨面上で一直線に並んでいたと報告している．

われわれは，投球動作中に生じるメカニカルストレス軽減と不良な投球フォームの改善を目的に，臨床で投球障害患者の機能評価としてゼロポジション近似肢位での肩外旋筋力（以下 Zero 外旋筋力）と肘伸展筋力（以下 Zero リリース筋力）の評価を行なっている[7, 8)]．野球肘患者を対象とした研究では，千葉ら[9)]は Zero 外旋筋力の低下を，田村ら[10)]は Zero リリース筋力の低下を報告している．しかし，Zero 外旋筋力，Zero リリース筋力の定量的な評価の信頼性は検討されていない．また，臨床で Zero 外旋筋力，Zero リリース筋力の評価時に肩甲骨の固定を行なうことで筋出力が増加する症例を多く経験することから，Zero 外旋筋力・Zero リリース筋力は肩甲骨周囲筋の影響を受けていると考えられる[8)]．しかし，両者の関係は明らかとなっていない．

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

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

そこで今回の目的は Zero 外旋筋力・Zero リリース筋力および肩甲骨周囲筋筋力の定量的な評価の信頼性を検討することと Zero 外旋筋力・Zero リリース筋力と肩甲骨周囲筋筋力の関係を検討することとした.

対象と方法

対象は整形外科的既往歴のない健常成人男性 18 名 36 肢とした．対象の年齢は 24.2±2.7 歳，身長は 171.6±4.1 cm，体重は 66.3±6.5 kg，利き手は右が 17 名，左が 1 名だった．対象の平均競技歴は 10.0±3.8 年，競技の内訳は野球 9 名，サッカー 4 名，剣道，ハンドボール，テニス，バドミントン，バレーボールが各 1 名だった.

ゼロポジション保持機能は Zero 外旋筋力と Zero リリース筋力の 2 項目，肩甲骨周囲筋力は僧帽筋上部（以下 UT），僧帽筋中部（以下 MT），僧帽筋下部（以下 LT），菱形筋（以下 RB），前鋸筋（以下 SA）の 5 項目の計測を行なった．すべての筋力はハンドヘルドダイナモメーターモービィ（酒井医療(株)製）を用いて計測した.

Zero 外旋筋力と Zero リリース筋力の測定肢位（図 1）は，ゼロポジション近似肢位（肩甲骨面上で肩甲棘と上腕骨が一直線に並ぶ肢位）とし，肘関節は屈曲 90°，前腕は回内外中間位とした．肩峰後角と烏口突起を触診で確認し，両者を結ぶ線に直行する面を肩甲骨面とした．測定は足を肩幅に開いた自然立位で行ない，抵抗部位は前腕遠位端とした．左右の足の荷重は均等にし，肘以外の部分が壁に触れないように指示した．Zero 外旋筋力は等尺性肩外旋筋力を測定し，Zero リリース筋力は等尺性肘伸展筋力を計測した．壁に固定した肘が動いた場合や，下肢・体幹・肩甲骨などに代償動作が生じた場合は計測をやり直し，代償動作が生じない範囲での筋力を測定値とした.

肩甲骨周囲筋筋力の計測は Kendall[11] や Michener ら[12] の方法を参考に肢位を決定した．UT，SA は背臥位，MT，LT，RB は腹臥位で計測した．UT は肩峰直上に対し肩甲骨下制方向に，MT は肩外転 90° 肘伸展 0° 母指を天井に向けた肢位で前腕遠位部橈側に，LT は肩外転 130° で同部位に，RB は肩外転 90° 肘伸展 0° 母指を床に向けた肢位で前腕遠位部尺側に，SA は肩・肘屈曲 90° で前腕近位尺側に対しそれぞれ抵抗をかけて等尺性筋力を計測した（図 2）.

検者内信頼性の検討は 5 名 10 肢を対象とした計測を行ない，SPSS Statistics 23（IBM）を使用し級内相関係数 ICC（1.1）および ICC（1.3）を算出した.

ゼロポジション保持機能と肩甲骨周囲筋筋力の関係を検討するため，3 回計測した平均値を体重で除した値を用い，Zero 外旋筋力，Zero リリース筋力それぞれについて中央値以上群（高値群）と中央値未満群（低値群）に群分けを行なった．2 群間で利き手の占める比率の差の検定を Fisher の正確検定を用いて検討した．年齢，身長，体重，UT 筋力，MT 筋力，LT 筋力，RB 筋力，SA 筋力については Shapiro-Wilk 検定後，*t* 検定もしくは Mann-Whitney 検定を用いて 2 群間で比較した．Zero 外旋筋力と Zero リリース筋力を目的変数にし，UT 筋力，MT 筋力，LT 筋力，RB 筋力，SA 筋力を説明変数として，Spearman の順位和相関係数を用いて相関関係を検討した．統計学的解析には JMP Pro Ver.14.0.0（SAS）を使用し，有意水準は 5% とした.

本研究は，昭和大学藤が丘病院臨床試験審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 F2019C06）.



図 1　Zero 外旋筋力および Zero リリース筋力の計測方法
Zero 外旋筋力：ゼロポジション近似肢位での肩外旋筋力.
Zero リリース筋力：ゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力.
A：ゼロポジション近似肢位の決定方法．肩峰後角と烏口突起を触診で確認し，両者を結ぶ線に直行する面を肩甲骨面とし，肩甲骨面上で肩甲棘と上腕骨が一直線に並ぶ肢位とした.
B：Zero 外旋筋力計測方法．前腕遠位背側に対し肩内旋方向に抵抗をかけて等尺性収縮を行なわせた.
C：Zero リリース筋力計測方法．前腕遠位尺側に対し肘屈曲方向に抵抗をかけて等尺性収縮を行なわせた.

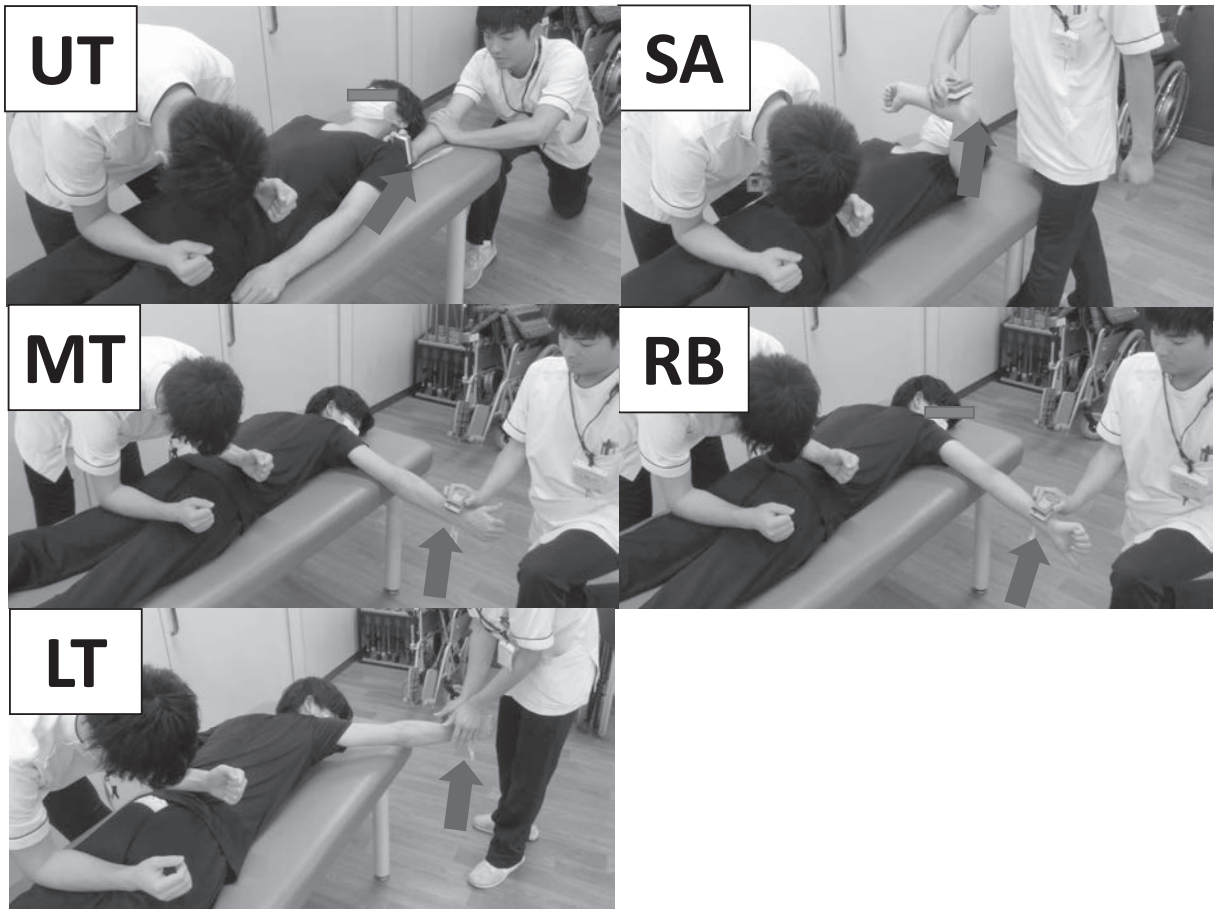


図２　肩甲骨周囲筋筋力計測方法
UT：Upper Trapezius（僧帽筋上部），MT：Middle Trapezius（僧帽筋中部），LT：Lower Trapezius（僧帽筋下部），RB：Rhomboid（菱形筋），SA：Serratus Anterior（前鋸筋）．
UT，SA は背臥位，MT，LT，RB は腹臥位で計測した．UT は肩峰直上に対し肩甲骨下制方向に，MT は肩外転 90° 肘伸展 0° 母指を天井に向けた肢位で前腕遠位部橈側に，LT は肩外転 130° で同部位に，RB は肩外転 90° 肘伸展 0° 母指を床に向けた肢位で前腕遠位部尺側に，SA は肩・肘屈曲 90° で前腕近位尺側に対しそれぞれ抵抗をかけて等尺性筋力を計測した．

結　　果

1．信頼性結果（表 1）

ICC（1.1）は Zero 外旋筋力が 0.88，Zero リリース筋力は 0.91，UT 筋力は 0.71，MT 筋力は 0.74，LT 筋力は 0.84，RB 筋力は 0.78，SA 筋力は 0.79 だった．

ICC（1.3）は Zero 外旋筋力が 0.96，Zero リリース筋力は 0.97，UT 筋力は 0.88，MT 筋力は 0.90，LT 筋力は 0.94，RB 筋力は 0.91，SA 筋力は 0.92 だった．

2．ゼロポジション保持機能と肩甲骨周囲筋筋力の関係の結果（表 2）

Zero 外旋筋力の中央値 0.59 N/kg で分類すると，Zero 外旋筋力高値群は利き手側が 12 肢，非利き手側が 6 肢で合計 18 肢，Zero 外旋筋力低値群は利き手側が 6 肢，非利き手側が 12 肢で合計 18 肢だった．2 群間で利き手の占める比率に有意差はなかった．

同様に Zero リリース筋力の中央値 0.90 N/kg で分類すると，Zero リリース高値群は利き手側が 10 肢，非利き手側が 8 肢で合計 18 肢，Zero リリース低値群は利き手側が 8 肢，非利き手側が 10 肢で合計 18 肢だった．2 群間で利き手の占める比率に有意差はなかった．

SA 筋力は Zero 外旋筋力高値群が 3.10 ± 0.72 N/kg，Zero 外旋筋力低値群が 2.58 ± 0.70 N/kg で 2 群間に有意差があった（$p = 0.0209$）．

同様に SA 筋力は Zero リリース筋力高値群が 3.08 ± 0.81 N/kg，Zero リリース筋力低値群が 2.60 ± 0.62 N/kg で 2 群間に有意差があった（$p = 0.0462$）．

そのほかの肩甲骨周囲筋筋力に有意差はなかった．

Zero 外旋筋力と SA 筋力との相関係数が 0.4180（$p = 0.0112$），Zero リリース筋力と SA 筋力との相関係数が 0.4301（$p = 0.0088$）でそれぞれ正の相関があった．その他のペアでは相関がなかった．

表 1　検者内信頼性の結果

		級内相関係数	95％信頼区間	
			下限値	上限値
Zero 外旋筋力	ICC（1.1）	0.88	0.70	0.96
	ICC（1.3）	0.96	0.88	0.99
Zero リリース筋力	ICC（1.1）	0.91	0.78	0.98
	ICC（1.3）	0.97	0.91	0.99
UT 筋力	ICC（1.1）	0.71	0.40	0.91
	ICC（1.3）	0.88	0.66	0.97
MT 筋力	ICC（1.1）	0.74	0.44	0.92
	ICC（1.3）	0.90	0.71	0.97
LT 筋力	ICC（1.1）	0.84	0.62	0.95
	ICC（1.3）	0.94	0.83	0.98
RB 筋力	ICC（1.1）	0.78	0.51	0.93
	ICC（1.3）	0.91	0.76	0.98
SA 筋力	ICC（1.1）	0.79	0.52	0.94
	ICC（1.3）	0.92	0.77	0.98

Zero 外旋筋力：ゼロポジション近似肢位での肩外旋筋力
Zero リリース筋力：ゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力
UT：Upper Trapezius（僧帽筋上部），MT：Middle Trapezius（僧帽筋中部），LT：Lower Trapezius（僧帽筋下部），RB：Rhomboid（菱形筋），SA：Serratus Anterior（前鋸筋）
Zero 外旋筋力の ICC（1.1）が 0.88，Zero リリース筋力の ICC（1.1）は 0.91 だった
肩甲骨周囲筋筋力の計測結果では全ての項目に関して ICC（1.3）が 0.8 以上だった

考　　察

Zero 外旋筋力や Zero リリース筋力の計測は等速性筋力装置を使用する方法[10]や徒手筋力計を使用し腹臥位で行なう方法が報告されている[9, 13~16]．われわれは臨床において，立位や腹臥位で Zero 外旋筋力や Zero リリース筋力の徒手評価を行ない，代償動作の有無から機能障害の存在する部位を推察している．腹臥位よりも立位で評価を行なう方が抗重力位での測定となるためより投球動作に近い肢位での評価が可能であると考えている．そこでわれわれは今回 Zero 外旋筋力，Zero リリース筋力は徒手筋力計を使用し立位で計測した．

級内相関係数に関して桑原ら[17]が 0.8 以上でその信頼性は「良好」と分類している．今回の計測結果では，Zero 外旋筋力の ICC（1.1）が 0.88，Zero リリース筋力の ICC（1.1）は 0.91 だった．そのため Zero 外旋筋力，Zero リリース筋力に関しては 1 回の計測結果から良好な検者内信頼性を得ることができると考える．また，肩甲骨周囲筋筋力の計測結果では全ての項目に関して ICC（1.3）が 0.8 以上だった．そのため肩甲骨周囲筋力に関しては，3 回計測した平均値を用いることで良好な検者内信頼性を得ることができると考える．しかし，本研究の限界として検者間信頼性の検討を行なっていない点があげられる．

田中ら[18]は健常男性においてゼロポジションでの肩外旋筋力は下垂位と同等以上であり，肩甲骨周囲筋の関与が示唆されると報告している．今回，Zero 外旋筋力高値群は低値群と比べ有意に SA 筋力が強く，Zero リリース筋力高値群も低値群と比べ有意に SA 筋力が強い結果だった．また，Zero 外旋筋力と SA 筋力，Zero リリース筋力と SA 筋力にそれぞれ正の相関があった．これらのことから，SA 筋力がゼロポジション保持機能に関係している可能性が示唆され，Zero 外旋筋力高値群，Zero リリース筋力高値群は，遠位関節で十分な筋力を発揮するために，SA が肩甲骨を上方回旋位に保つための役割を担っていたと考察する．また，今回の計測は立位で行なっているため下肢・体幹筋機能など他の身体機能の影響も受けていると考えられ，他の身体機能との関連の検討も必要と考える．

今回の研究では健常成人男性を対象としているため，投球障害群におけるゼロポジション保持機能と肩甲骨周囲筋筋力との関係は明らかとなっていない．しかし，投球動作におけるゼロポジション保持機能の重要性は多く報告されており[7~10, 13~16]，宮﨑ら[19]は疼痛既往肩群の投手はコッキング期における LT および SA の筋活動が有意に低下していたと報告している．今後，障害群での検討を行なうことで新たな知見を得ることができると考えている．

結　　語

・Zero 外旋筋力，Zero リリース筋力に関しては 1 回の計測で，肩甲骨周囲筋力に関しては 3 回計測した平均値を用いることで良好な検者内信頼性を得ることができた．

表２　ゼロポジション保持機能と肩甲骨周囲筋筋力の関係の結果

検討項目	Zero 外旋筋力高値群	Zero 外旋筋力低値群	*p* 値
年齢（歳）	24.8 ±2.7	23.6 ±2.7	0.1024
身長（cm）	170.4 ±3.9	172.7 ±4.0	0.0919
体重（kg）	65.4 ±7.1	67.1 ±5.9	0.4318
UT 筋力（N/kg）	2.67±0.58	2.31±0.52	0.0620
MT 筋力（N/kg）	0.79±0.19	0.76±0.15	0.6020
LT 筋力（N/kg）	0.72±0.17	0.66±0.14	0.2896
RB 筋力（N/kg）	0.85±0.14	0.86±0.22	0.8930
SA 筋力（N/kg）	3.10±0.72	2.58±0.70	0.0209
利き手：非利き手（肢：肢）	12：6	6：12	0.0943

検討項目	Zero リリース筋力高値群	Zero リリース筋力低値群	*p* 値
年齢（歳）	24.7 ±3.2	23.6 ±2.1	0.5013
身長（cm）	171.7 ±5.2	171.4 ±2.8	0.2089
体重（kg）	65.6 ±6.7	67.0 ±6.4	0.5228
UT 筋力（N/kg）	2.51±0.60	2.47±0.56	0.8428
MT 筋力（N/kg）	0.79±0.20	0.76±0.14	0.6306
LT 筋力（N/kg）	0.73±0.17	0.65±0.13	0.0981
RB 筋力（N/kg）	0.90±0.17	0.81±0.18	0.1195
SA 筋力（N/kg）	3.08±0.81	2.60±0.62	0.0462
利き手：非利き手（肢：肢）	10：8	8：10	0.7395

検討項目	Zero 外旋筋力	Zero リリース筋力
UT 筋力	0.2847（0.0924）	0.1618（0.3458）
MT 筋力	0.2180（0.2015）	0.0161（0.9258）
LT 筋力	0.2648（0.1187）	0.1923（0.2612）
RB 筋力	−0.0003（0.9988）	0.1515（0.3778）
SA 筋力	0.4180（0.0112）	0.4301（0.0088）

相関係数（*p* 値）
一段目：Zero 外旋筋力高値群と低値群の比較
二段目：Zero リリース筋力高値群と低値群の比較
三段目：Zero 外旋筋力，Zero リリース筋力と肩甲骨周囲筋力の相関関係
Zero 外旋筋力：ゼロポジション近似肢位での肩外旋筋力
Zero リリース筋力：ゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力
UT：Upper Trapezius（僧帽筋上部），MT：Middle Trapezius（僧帽筋中部），LT：Lower Trapezius（僧帽筋下部），RB：Rhomboid（菱形筋），SA：Serratus Anterior（前鋸筋）
Zero 外旋筋力高値群の SA 筋力が Zero 外旋筋力低値群より有意に大きかった
Zero リリース筋力高値群の SA 筋力が Zero リリース筋力低値群より有意に大きかった
Zero 外旋筋力と SA 筋力，Zero リリース筋力と SA 筋力にそれぞれ正の相関があった

・Zero 外旋筋力高値群は低値群と比べ有意に SA 筋力が強く，Zero リリース筋力高値群も低値群と比べ有意に SA 筋力が強い結果だった．
・Zero 外旋筋力と SA 筋力，Zero リリース筋力と SA 筋力にそれぞれ正の相関があった．
・SA 筋力がゼロポジション保持機能に関係している可能性が示唆された．

文　　献

1）Fleisig GS et al: Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med, 23: 233–239, 1995.
2）Burkhart SS et al: The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology part Ⅲ: the SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. Arthroscopy, 19: 641–661, 2003.
3）内田智也ほか：投球動作における“体の開き”の評価基準の提示．日臨スポーツ医会誌，27: 222–228, 2019.
4）Matsuo T et al: Influence of shoulder abduction and lateral trunk tilt on peak elbow varus torque for college baseball pitchers during simulated pitching. J Appl Biomech, 22: 93–102, 2006.
5）Akeda M et al: Lower shoulder abduction during throwing motion may cause forceful internal impingement and decreased anterior stability. J Shoulder Elbow Surg, 27: 1125–1132, 2018.
6）Konda S et al: Configuration of the shoulder complex during the arm-cocking phase in baseball

pitching. Am J Sports Med, 43: 2445–2451, 2015.
7）千葉慎一：運動のつながりから導く肩の理学療法. 文光堂，東京: 157–159, 2017.
8）西中直也ほか：投球障害肩―診察のポイント，診断のコツ―. MB Orthop, 30: 1–7, 2017.
9）千葉慎一ほか：小・中学生の野球肘患者におけるゼロポジション外旋筋力評価の意義. 日肘関節会誌, 12: 73–74, 2005.
10）田村将希ほか：肩挙上位での肘伸展運動の検討―投球動作との関連性―. 日肘関節会誌，24: 382–384, 2017.
11）Kendall FP et al: Muscles testing and function with posture and pain. 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore: 328–332, 2005.
12）Michener LA et al: Scapular muscle tests in subjects with shoulder pain and functional loss: reliability and construct validity. Phys Ther, 85: 1128–1138, 2005.
13）山口光國ほか：投球障害肩におけるゼロポジション外旋筋力評価の意義―ボール投げ上げ動作に見られる特徴との関連―. 肩関節，28: 611–614, 2004.
14）鈴木昌ほか：関東圏シニアリーグ野球選手のゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力および身体機能評価. JOSKAS, 39: 958–962, 2014.
15）田村将希ほか：肩挙上位での肘伸展運動の検討　第3報―肩挙上位回旋筋力との関係―. 日肘関節会誌，22: 68–71, 2015.
16）鈴木昌ほか：中学生野球選手における肢位の変化に着目した肩関節筋力特性. 肩関節，40: 671–674, 2016.
17）桑原洋一ほか：検者内および検者間の Reliability（再現性，信頼性）の検討　なぜ統計学的有意が得られないのか. 呼吸と循環，41: 945–952, 1993.
18）田中直史ほか：いわゆるゼロ・ポジションにおける肩内外旋筋力の力源について. 臨スポーツ医，13: 1049–1053, 1996.
19）宮﨑茂明ほか：投球動作における体幹回旋運動と肩甲帯周囲の筋活動の関連性，理療科，28: 703–708, 2013.

A Platelet-rich Plasma Therapy for Ulnar Collateral Ligament Injuries of Elbows in Baseball Pitchers

野球投手の肘関節尺側側副靱帯損傷に対する PRP 治療

吉田　衛[1, 2] Mamoru Yoshida
舟崎　裕記[2] Hiroki Funasaki
山崎　哲也[3] Tetsuya Yamazaki
丸毛　啓史[2] Keishi Marumo

●Key words
多血小板血漿，肘関節尺側側副靱帯，野球投手
Platelet-rich plasma（PRP）：Ulnar collateral ligament of elbow：Baseball pitcher

●Abstract

We administered platelet-rich plasma（PRP）therapy for injuries at proximal sites of medial ulnar collateral ligaments（UCL）of elbows in 8 baseball pitchers（1 professional, 2 corporation club, 1 college, 3 high school and 1 playing recreationally）resisted against prior conservative therapies administered for 3-7 months with a mean age of 24 years. The UCL injury was classified as grade IIA in one professional pitcher and in other non-professional pitchers as grade IIB based on magnetic resonance findings. Power Doppler analyses showed areas of pathological hypervascularization at proximal sites of the UCLs in all pitchers. The PRP injections were performed 1 to 3 times during 3 weeks. Seven pitchers accompanied with grade IIB injuries returned to their previous sport activities without symptoms and hypervascularization on power Doppler images disappeared. A one pitcher with grade IIA injury had initially begun interval throwing exercises following twice PRP injections, but, due to recurrent elbow pain and worsening joint instability he eventually underwent a reconstruction surgery.

Introduction

In baseball pitchers with injuries at proximal sites of medial ulnar collateral ligaments（UCL）in elbow joints, classified as grade II injuries on magnetic resonance（MR）findings, the efficacy of autologous platelet-rich plasma（PRP）therapy has been questioned[1-4], especially when previous conservative therapy had been not effective. This has been in contrast to the well-established efficacy of primary repair or reconstruction surgeries for distal site injuries or complete UCL tears[5, 6]. Some reports, however, indicated that PRP may be advantageous in selected patients[1, 2]. An one of the factors causing the different therapeutic effect of PRP against UCL injuries among literatures may account for the different concentrations of platelets or leukocytes in PRPs used for therapies. McCarrell demonstrated that the PRP at the platelets concentration of $1.2\times10^6/\mu$L led to a paradoxical effect on collagen synthesis on the culture of horse tendons compared to the PRP at the intermediate concentration of

吉田　衛
〒 359-1151　所沢市若狭 2-1671
独立行政法人国立病院機構西埼玉中央病院整形外科
TEL ＋81-4-2948-1111 ext. 8726/
FAX ＋81-4-3459-9114
E-mail mamoru@jikei.ac.jp

1）独立行政法人国立病院機構西埼玉中央病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, National Hospital Organization Nishi-saitama-Chuo National Hospital
2）東京慈恵会医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, The Jikei University School of Medicine
3）国家公務員共済組合連合会横浜南共済病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Federation of National Public Service Personnel Mutual Aid Associations Yokohama Minami Kyousai Hospital

the platelets, while also presenting an increase in inflammatory mediators[7]. Boswell also demonstrated that the PRP at the high platelets concentration reduced tendon metabolism and collagen synthesis in equine tendon culture[8]. Moreover, Giusti demonstrated that the PRP at the platelets concentration between 5.0 $\times 10^5/\mu$L and $1.0\times 10^6/\mu$L stimulated cell proliferation and migration as well as collagen production in human tenocyte cultures while higher platelet concentrations have an inhibitive effect both in terms of cell metabolism and collagen synthesis[9]. From those information it seemed that the platelets concentration between $5.0\times 10^5/\mu$L and $1.0\times 10^6/\mu$L in PRP was optimal for the tendon or ligament healing. Regarding the influence of the leukocytes in PRP against the metabolism of tenocytes, Dragoo demonstrated that PRPs rich in leukocytes led to a significant inflammatory cellular reaction in rabbit tendons at 5 days after PRP infiltration[10]. McCarrell demonstrated that the PRP with a high concentration of leukocytes led to higher expression of pro-inflammatory cytokines and catabolic mediators as well as lower collagen synthesis[7]. It appeared that the leukocyte inhibited the restoration process for the treatment of the tendinopathy since the inflammation damaged the extracellular matrix and a lower synthesis of the collagen molecules suppressed the conformation of the tendon matrix. Hence, we administered leucocyte-reduced and platelet-concentration controlled PRP therapies in eight baseball pitchers with grade II UCL injuries.

Patients and Methods

Ethical approval to the present study was obtained from The Ethics Committee in our institution (approval #30-15 Jan/31/2019) and the informed consent was obtained from each patient for the use of medical records data needed for the study. In all 8 pitchers, UCL injuries of elbow joints were diagnosed through chief complains, present illness or physical examinations of each pitchers according to the inclusion criteria described below; 1) A pain occurred at the medial side of a dominant elbow in the phase of a late cocking or an acceleration on pitching motion, 2) There was a tenderness at the distal aspect of the medial epicondyle in the humerus, which consisted with the proximal insertional site of the UCL and 3) A medial elbow pain, which was the same with the one occurred in the pitching motion, was induced with the manually loaded valgus stress. All UCL injuries were confirmed and classified as grade II using MR images. The classification of UCL injuries was the same as previously reported[1-4]. UCL injuries were treated with the conservative therapy, which included rest, activity modification, use of anti-inflammatory medications and physical therapy, for the first step in our institute. Eight pitchers enrolled in the study had failed trials of conservative treatment during at least 3 months (3-6 months) at the previous institutes and then they came to our institute in order to receive PRP therapies. There were 8 men with a mean age of 24 years (range 16-46 years). Among the 8 pitchers, 1 was professional, 3 belonged to a high school club, 1 was a college club member, 2 were practicing in a corporation club and 1 played baseball recreationally. The mean period from the diagnosis to the commencement of the PRP therapy was 4.4 months (range 3-7 months). A clinical information of eight pitchers enrolled in the study was shown in Table 1.

Dynamic musculoskeletal ultrasound examination was used to measure elbow humeral-ulnar joint space before PRP therapies. Briefly, all pitchers underwent a baseline ultrasound measurement of the humeral-ulnar joint space with and without 4 kg of valgus stress on the elbow at 30 degree of elbow flexion in comparison with the noninjured healthy elbows on the opposite sites. No significant differences of the stressed versus nonstressed medial joint spaces, which were more than 2 mm in the length, were observed between the dominant elbows and the opposite healthy elbows in all

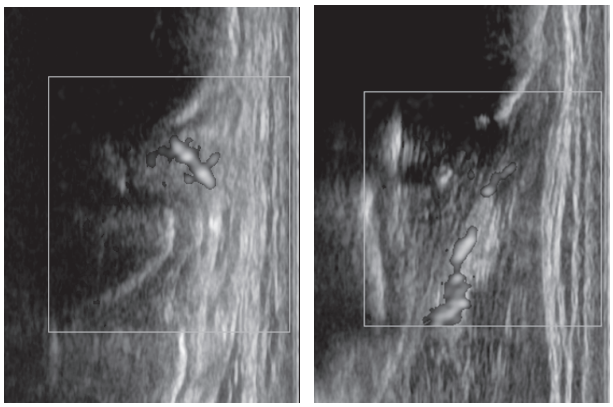
Table 1 Clinical information for eight pitchers

Case	Age	Level	Valgus instability	Hypervascularity on Power Doppler	MRI	JOA-JES sports score	Quick DASH sports
1	16	High school	—	+	IIB	70	62.50
2	17	High school	—	+	IIB	70	50.00
3	17	High school	—	+	IIB	70	62.50
4	21	College	—	+	IIB	65	68.75
5	25	Corporation club	—	+	IIB	65	62.50
6	27	Corporation club	—	+	IIB	65	68.75
7	46	Recreation	—	+	IIB	61	75.00
8	23	Professional	—	+	IIA	65	75.00

pitchers. The mean difference of the stressed versus nonstressed medial joint spaces in the dominant elbows was 2.0 ± 1.4 mm and the mean difference in the opposite healthy elbows was 1.9 ± 1.3 mm. Power Doppler exams demonstrated pathological hypervascularization areas located at the proximal insertional sites of the UCLs (Figure 1).

Magnetic resonance images were T2-weighted images, short tau inversion recovery (STIR) or T2* images. Coronal or sagittal sections were collected for all UCLs. Based on MR results, the UCLs of elbow joints injuries were classified as grade IIB (diffuse heterogeneous intensity signals, chronic but healed partial injuries) in 7 non-professional pitchers (case 1-7) and in the professional pitcher (case 8) it was the grade IIA injury (partial tear) at the proximal insertional site of the UCL. As a represent case of a grade IIB injury a coronal elbow section of MR images in case 2 was shown in Figure 2a and the one in case 8 was shown in Figure 2c as a represent of a grade IIA injury. No injuries were observed at the distal sides of the UCLs except case 2.

A JOA-JES sports score (excluded a patient self-rating point) or a Quick DASH sports was completed for each pitcher before PRP therapies and at one month later after returns and were compared before and after PRP therapies using a Wilcoxon's matched-pairs signed-rank test.



a b

Figure 1 Power Doppler analysis images of the medial elbow joint region (coronal sections). An upper side was proximal: a) pathological hypervascularization areas were observed at the proximal site of the ulnar collateral ligament (UCL) in case 2 (a high school pitcher) with the grade IIB UCL injury on MR before a PRP therapy; b) pathological hypervascularization areas were observed at the border between the proximal UCL and the proximal flexor muscles in case 8 (a professional pitcher) with grade IIA UCL injury on MR before a PRP therapy.

A 3.0-6.0 mL of an autologous leukocyte-reduced PRP was obtained from 20-40 mL of the whole blood with a preparation kit (MyCells, Kaylight, Tel Aviv, Israel) accordingly with the manufacturer's instructions. In the PRP, the mean concentration of platelets and leucocytes were $8.5 \times 10^5/\mu L$ and 3.1×10^3 cells/μL, respectively; the PRP did not contain erythrocytes. Approximate 90% of neutrophils were excluded from the whole blood by the separation gel of the spits (a detail mechanism for an exclusion of neutrophils was unopened). The PRP was classified as type 3 according to the Mishra's classification and as "pure" according to the PAW classification, since the PRP was not activated before injections.

Before an injection, the skin surface was sterilized with a 10 % povidone-iodine solution. With a patient in the prone position and no previous anesthesia, the PRP was slowly and gently injected using the peppering technique into the whole UCL including the proximal insertional site through a 30 G needle under ultrasonographic guidance. Then, resting of the elbow joint was implemented with bandaging or bracing for one week, and activities of daily living were initiated afterwards. At 3 weeks after the injection, efficacy of the PRP therapy was evaluated through clinical examination and power Doppler analysis. When the therapeutic effect was not considered satisfactory, i.e. there was no observed reduction in pain or in intensity of hypervascularization on power Doppler images, the second PRP injection was carried out in the same manner. Three weeks later, another clinical examination and power Doppler analysis were performed and treatment efficacy was evaluated. If during the observation course, the pain initially improved but could not be completely eliminated, another (3^{rd}) injection of the PRP was performed. If the expected efficacy was observed (lack of pain and decrease in intensity of hypervascularization on power Doppler images), throwing was permitted at 3 weeks and then pitching was permitted at 5-6 weeks after the last injection. In all patients, clinical follow-up was carried out for 6 - 20 months following the last injection. Physical conditioning programs were implemented during the PRP therapy when pitchers had other physical problems that potentially interfered with the kinematic sequence of the pitching motion, i.e. posterior tightness of shoulder, abnormal position of scapula or restriction of motion range in hip and/or spinal joints.

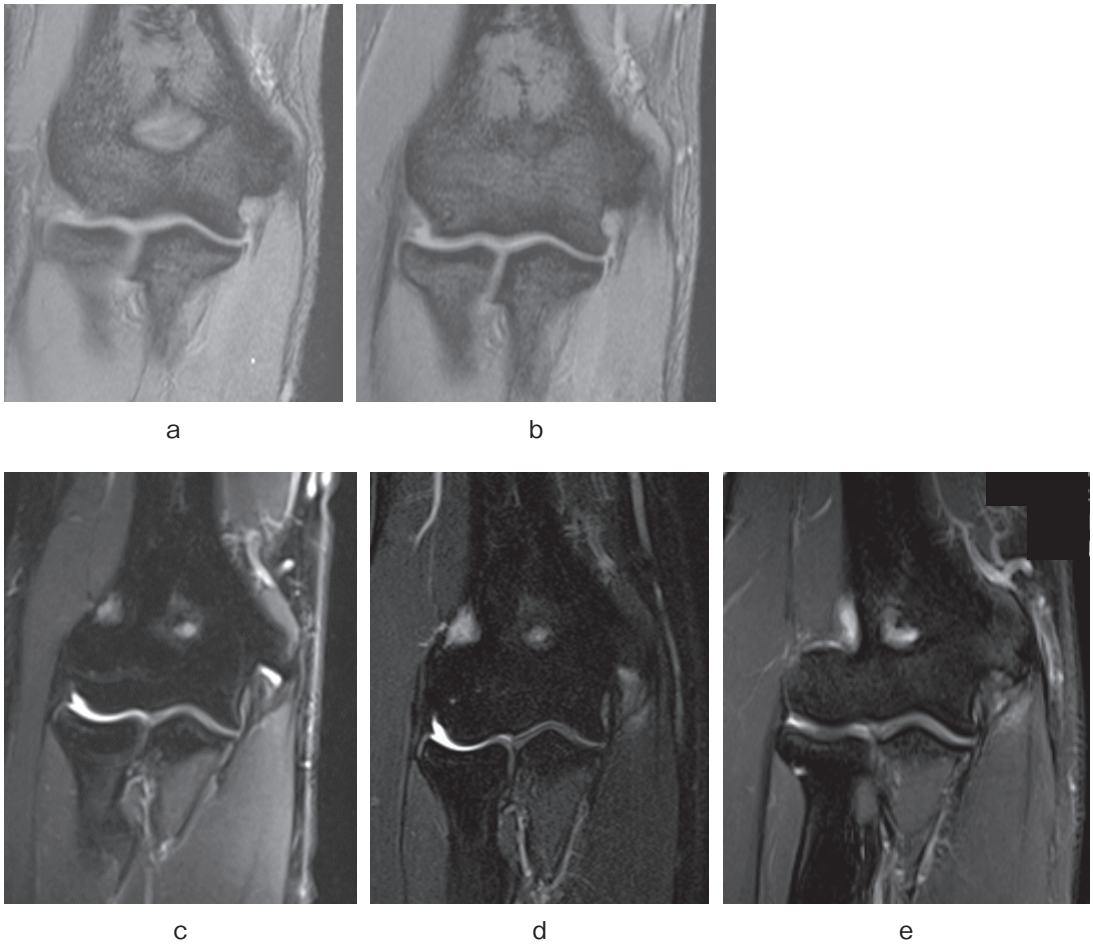


Figure 2 Coronal sections of magnetic resonance images of elbow joints: a) A T2* image showing a diffuse heterogenous signal intensity at the proximal site of the ulnar collateral ligament (UCL), classified as the grade IIB injury, and a slight damage of the distal UCL in case 2 (a high school pitcher) ; b) A T2* image at three months after a performance of one PRP injection showing the recovery of the proximal site of the UCL, although the distal damage of the UCL was unrecovered completely; c) A STIR image showing a partial tear at the proximal site of the UCL, classified as grade IIA injury, and a high intensity for proximal flexor muscles in case 8 (a professional pitcher) ; d) A STIR image showing the incomplete healed partial tear at the proximal site of the UCL and remained high intensity areas for the mid-substance of the UCL or for the proximal flexor muscles in case 8 following two PRP injections; e) A STIR image after a recurrence of the UCL injury at 4 months after twice PRP injections showing no clear partial tear of the proximal site of the UCL, a heterogenous signal intensity at the UCL and a remained high intensity for proximal flexor muscles in case 8.

Results

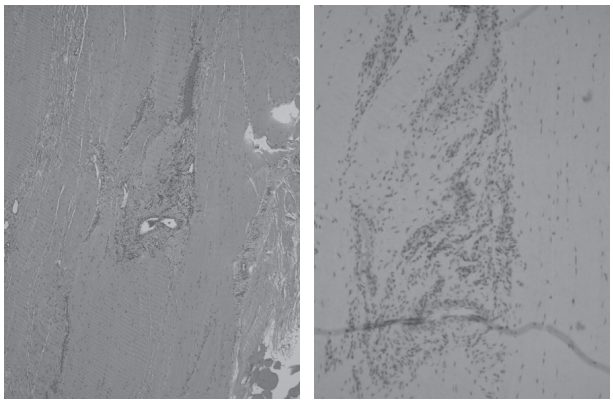
The mean number of PRP injections was 1.9 times (1-3 times) and no adverse effects were observed. Seven pitchers (case 1-7) accompanied with grade IIB UCL injuries on MR images returned to their sport activities as before injury with no symptoms at a mean of 15 (12-20) weeks after the primary injection. In these 7 pitchers, spontaneous pain, tenderness or pain on valgus stress test ceased, and hypervascularization areas on power Doppler images also almost, not completely, disappeared. Points for JOA-JES sports score of returned pitchers were significantly increased up to 93.7±6.0 points from 66.6±3.5 points ($p<0.01$) and points for Quick DASH sports was significantly decreased to 3.57±4.92 points from 64.29±7.83 points ($p<0.01$). Magnetic resonance examinations were performed in 3 returned pitchers at 3-6 months following the last PRP injections. Incomplete recoveries of the proximal sites of UCLs were observed in two cases (one of them was a case 2 and a MR image was shown in Figure 2b) and there was no change of MR findings in one case. All returned pitchers after PRP therapies were non-professional and these data were shown in Table 2.

A pitcher with grade IIA UCL injury (case 8) begun interval throwing exercises at 5.5 weeks after the

Table 2 Times for PRP injections or clinical outcomes of eight pitchers after PRP therapies

Case	Times for PRP injections	Periods to return (weeks)	JOA-JES sports score	Quick DASH sports
1	2	15	100	0.00
2	1	13	100	0.00
3	1	12	100	0.00
4	2	15	90	6.25
5	1	14	90	0.00
6	2	16	90	6.25
7	3	20	86	12.50
8	2	Reconstruction surgery	55	75.00

second PRP injection because a medial elbow pain, a tenderness and an induced pain with the valgus stress were almost disappeared, the hypervascularized areas had disappeared on power Doppler images and on MR images the partial UCL tear had seemed almost, not completely, healed, although the intensity for the mid-substance of a UCL or for the proximal flexor muscles was remained as high (Figure 2d). However, pain on throwing and valgus instability of the elbow joint gradually developed along with increasing intensity of pitching. Due to lack of improvement, the patient decided to undergo a reconstruction surgery, which was performed at 4.5 months after the last PRP injection. A coronal section of a dominant elbow in MRI before surgery was shown in Figure 2e and points for JOA-JES sports score or Quick DASH sports before surgery was described in Table 2. On surgical findings, the partial tear of the UCL proximal insertion site was macroscopically repaired with adhesions in the UCL-surrounding tissues; however, tissue degeneration and areas of lower tension mainly in the mid-substance portion of the ligament were found. In the histological examinations, several pathological findings specific for the UCL injuries in pitchers were observed in histological sections of UCL at the mid-substance portion, which were no infiltration of inflammatory cells, an increased number of vessels (angiogenesis), a cellular proliferation, a hyaline degradation of the tissue matrix and a proliferation of neurofilaments (Figure 3). These findings indicated that an UCL injury classified as grade IIA in a professional pitcher was not recovered with a leukocyte-reduced PRP therapy.



a b

Figure 3 Histological sections of an injured UCL at the mid-substance portion obtained at the reconstruction surgery in case 8 (a professional pitcher). An upper side was proximal: a) A histological section stained with hematoxylin-eosin (H&E) showing a cellular proliferation, a hyaline degradation of the tissue matrix and a hypervascularity (×40) ; b) A histological section immunohistochemically stained with mono-clonal anti-body specific for the epitope expressed in neurofilaments showing a proliferation of neurofilament fibers (×40).

Discussion

Seven pitchers of case 1-7, who had UCL injuries classified as grade IIB injuries on MR images, returned to their pre-injury sports activities with the treatment of PRP therapy in the present study. Hypervascularization observed on power Doppler images disappeared after the PRP therapy. The outcomes indicated that level of hypervascularization correlated with intensity of pain and that both were reduced by the PRP treatment via elimination of pathological hypervascularization. Okuno, et al.[11, 12] reported formation of abnormal capillary vessels with shunts in patients with painful tendinopathies or chronic ligament injuries, and suggested that pain might be generated at free nerve endings distributed along abnormal capillaries. They confirmed this hypothesis by demonstrating that focal embolization of the abnormal capillaries led to immediate cessation of pain[12]. In our series, the process of abnormal hypervascularity with pain produced by reactive free nerve endings might have been inhibited by a reaction induced by the autologous leukocyte-reduced PRP, although a normal healthy blood supply is neces-

sary to repair the injured ligament.

Pathological findings on MR images are often observed in UCLs of elbow joints in asymptomatic baseball players and presence of such findings has not been considered a risk factor of future physical elbow joint impairment[13]. In our series, the MR images of UCLs in non-professional pitchers who returned to previous sports activities indicated incomplete recovery of UCL after PRP therapy in one case. Those findings speculated that a normalization of MR finding at UCL was not essential to return to the previous activity.

The pitcher, who had grade IIA UCL injury on MR images, could not return to his pre-injury activity because degradation of the UCL, mainly observed in the mid-substance portion of the ligament, did not improved, although after the PRP therapy hypervascularization temporarily disappeared and the proximal partial tear seemed to be macroscopically repaired. We supposed that even after the PRP therapy, the UCL never recovered from the degradation process caused by the grade IIA injury, since we have already experienced that severe degenerative fibrosis conformed in Achilles tendinopathies of two cases were not recovered although PRP injections were performed at 3 or 5 times[14]. Our results do not contradict with reports on high rates of return to previous sports activities in professional pitchers who had experienced previous grade II UCL injuries and were treated with PRP therapy[1-4]. Further studies addressing possible influence of tear size of injured UCL or leukocytes concentrations in PRP are necessary to elucidate limitations of the PRP administration in treatment of grade IIA UCL injuries affecting professional pitchers along with proceeding basic studies including an animal model analysis[15].

Conflict of Interest

None

References

1) Podesta L et al: Treatment of partial ulnar collateral ligament tears in the elbow with platelet-rich plasma. Am J Sports Med, 41: 1689-1694, 2013.
2) Dines JS et al : Platelet-rich plasma can be used to successfully treat elbow ulnar collateral ligament insufficiency in high-level throwers. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 45: 296-300, 2016.
3) Deal JB et al: Platelet-rich plasma for primary treatment of partial ulnar collateral ligament tears: MRI correlation with results. Orthop J Sports Med, 5: 2325967117738238, 2017.
4) Clark NJ et al: Nonreconstruction options for treating medial ulnar collateral ligament injuries of the elbow in overhead athletes. Curr Rev Musculoskelet Med, 11: 48-54, 2018.
5) Ford GM et al: Return-to-play outcomes in professional baseball players after medial ulnar collateral ligament injuries: comparison of operative versus nonoperative treatment based on magnetic resonance imaging findings. Am J Sports Med, 44: 723-728, 2016.
6) Frangiamore SJ et al: Magnetic resonance imaging predictors of failure in the nonoperative management of ulnar collateral ligament injuries in professional baseball pitchers. Am J Sports Med, 45: 1783-1789, 2017.
7) McCarrel TM et al: Optimization of leukocyte concentration in platelet-rich plasma for the treatment of tendinopathy. J Bone Joint Surg Am, 94: e143 (1-8), 2012.
8) Boswell SG et al: Increasing platelet concentrations in leukocyte-reduced platelet-rich plasma decrease collagen gene synthesis in tendons. Am J Sports Med, 42: 42-49, 2014.
9) Giusti I et al: Platelet concentration in platelet-rich plasma affects tenocyte behavior in vitro. Biomed Res Int, 2014: 630870, 2014.
10) Dragoo JL et al: Comparison of the acute inflammatory response of two commercial platelet-rich plasma systems in healthy rabbit tendons. Am J Sports Med, 40: 1274-1281, 2012.
11) Okuno Y et al: Pathological neoangiogenesis depends on oxidative stress regulation by ATM. Nat Med, 18: 1208-1216, 2012.
12) Okuno Y et al: Transcatheter arterial embolization using imipenem/cilastatin sodium for tendinopathy and enthesopathy refractory to nonsurgical management. J Vasc Interv Radiol, 24: 787-792, 2013.
13) Gutierrez NM et al: Elbow MRI findings do not correlate with future placement on the disabled list in asymptomatic professional baseball pitchers. Sports Health, 9: 222-229, 2017.
14) Yoshida M et al: Clinical outcomes of an autologous platelet-rich plasma therapy for Achilles tendinopathy. 整スポ会誌, 37: 94-98, 2017.
15) Yoshida M et al: Efficacy of autologous leukocyte-reduced platelet-rich plasma therapy for patellar tendinopathy in a rat treadmill model. Muscles Ligaments Tendons J, 6: 205-215, 2016.

投球動作における運動連鎖の評価方法として考案した立位 release push テストと肩肘痛の関係

Relationship between Release Push Test in Standing and Shoulder and Elbow Pain in High-school Baseball Players

村木　孝行[1, 5)] Takayuki Muraki
石川　博明[1, 5)] Hiroaki Ishikawa
黒川　大介[3, 5)] Daisuke Kurokawa
高橋　晋平[1, 5)] Shinpei Takahashi
永元　英明[2, 5)] Hideaki Nagamoto
高橋　博之[4, 5)] Hiroyuki Takahashi

●Key words
High school baseball player：Shoulder and elbow pain：Release push test

●要旨
本研究の目的は，高校野球選手において立位 release push テストと肩肘痛との関係を調べ，他の機能評価と比較することである．高校硬式野球選手 98 人を対象とし，立位と腹臥位で release push テストを行なった．投球側の押す力が非投球側より弱い場合に陽性とした．さらに，徒手筋力検査にて肩関節周囲筋力を評価し，投球側が非投球側を比較した．肩肘痛の有無はアンケートと問診にて調べた．その結果，肩肘痛と有意な関係が見られたのは立位 release push テストだけであった．立位 release push テストは他の機能評価では検出できない肩肘痛の要因となる機能的問題を検出している可能性がある．

はじめに

投球障害の要因の一つに運動連鎖の破綻があげられている．投球動作における運動連鎖とは，身体の各セグメントが協調的に連続して動き，地面から伝わる力を手に集約してボールに強い力を伝えることをいう[1)]．しかし，投球動作において運動の連鎖がどのように生じているのかを評価することは難しい．運動連鎖が破綻している状態を評価する方法は確立しておらず，投球フォームの観察や，動作に関わる全身の筋群を個別に検査することで運動連鎖の破綻を評価しているのが現状である．前者はフォームの良否が主観的評価であること，後者は投球動作との関連性が不明瞭であることが問題点としてあげられる．

われわれは，運動連鎖を力の伝達として捉え，運動連鎖の破綻を投球障害肩・肘の要因として検出するための評価方法として立位 release push テストを考案した．投球におけるボールリリースの位置は各選手で異なるため，このテストでは各選手が行なう投球動作のボールリリース時の全身姿勢を模した状態で，ボールを投げるように手で押す力を評価する．この“押す力”を投球側と非投球側で比較することで，ボールリリース動作に必要な下肢，体幹，上肢の筋群による力の伝達に低下が生じていないかを調べることができる．しかし，このテストで検出される“押す力”が投球時の肩肘痛と関連しているかは明らかでない．また，従来用いられている肩関節の外転筋力や外旋筋力などのように限定した部位の筋力

村木孝行
〒 980-8574　仙台市青葉区星陵町 1-1
東北大学病院リハビリテーション部
TEL 022-717-7677/FAX 022-717-7678
E-mail takayukimurakipt@yahoo.co.jp

1）東北大学病院リハビリテーション部
Department of Rehabilitation, Tohoku University Hospital
2）栗原中央病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kurihara Chuo Hospital
3）JCHO 仙台病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, JCHO Sendai Hospital
4）気仙沼市立病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kesennuma City Hospital
5）スポーツ医科学ネットワーク
Sports Medical Science Network

評価と比較して，立位 release push テストがどの程度有用であるかは不明である．本研究の目的は，高校野球選手において立位 release push テストと肩肘痛との関係を調べ，他の機能評価と比較することである．

方　　法

1．対象

2018 年度のシーズンオフ期間にメディカルチェックを受けた高校硬式野球選手 100 人を対象とした．対象の年齢，身長，体重，投球側内訳，打撃側内訳，ポジション内訳を表 1 に示す．投手の中にアンダースローの選手はいなかった．release push テストや肩関節周囲筋力評価に影響する痛みや関節の障害を有する者は該当する評価から除外した．

2．評価項目

(1) release push テスト

立位 release push テストは，筋力測定器 ISOBEX を用いて行なった．被検者はキャッチボール時のステップ幅で足を前後に開き，ボールをリリースする位置に手をあげ，肘関節伸展位のまま ISOBEX のストラップを押して行なった（図 1）．また，ハンドヘルドダイナモメーターを用い，腹臥位で立位 release push テストと同じ肩・肘関節肢位で押す力を計測した（腹臥位 release push テスト）（図 2）．どちらのテストも投球側と非投球側の両側での施行とし，被検者が動作を理解して筋力を最大発揮できるように練習を行なってから計測を行なった．非投球側のボールリリース位置は，「ボールを投げようとするとしたらどこでリリースしますか？」と聞いて位置を決定した．本研究では投球側の押す力が非投球側より低下している場合を陽性とした．

(2) 肩関節周囲筋力評価

徒手筋力検査にて棘上筋，棘下筋，肩甲下筋，僧帽筋下部，前鋸筋の筋力を検査し，投球側が非投球側より弱い場合を陽性とした．棘上筋の筋力検査は座位での Empty can test を用いた[2]．棘下筋は External rotation lag sign[3] を参考にし，立位・上肢下垂位で最大に外旋させたところで手背に抵抗をかけて検査した．肩甲下筋は立位で Belly press テストの肢位[4] をとり，手掌に抵抗をかけて検査した．僧帽筋下部は腹臥位で肩関節を外転 135°・外旋位に位置させ，上肢を挙上させた状態で前腕遠位部に抵抗をかけて検査した[5]．

前鋸筋は Ekstrom ら[6] の Diagonal exercise を参考にし，肩屈曲 120° および水平内転 10° 位で肘屈曲位にした状態で保持させ，肘に下方の抵抗をかけて検査した．

(3) 肩肘痛の調査

アンケートと問診にて，過去および現在の肩肘痛の有無について調べた．

表 1　対象の詳細

項目	
年齢	16.3（0.68）*
身長（cm）	172.3（5.69）*
体重（kg）	67.3（7.61）*
投球側	右 90 人，左 10 人
打撃側	右 72 人，左 27 人，両 1 人
ポジション	
投手	22 人
捕手	12 人
内野手	37 人
外野手	29 人

*平均値（標準偏差）



図 1　立位 release push テスト

3．統計解析

立位および腹臥位での release push テストにおける投球側と非投球側の比較には対応のある t 検定を用いた．また，肩肘痛の有無と各検査項目の関係を調べるために χ^2 検定を用いた．統計解析ソフトは SPSS ver24 を用いた．有意水準は 5% とした．

結　　果

立位 release push テストにおいて，検査時に肩の痛みを生じて検査を遂行できなかった 1 例と外傷による足関節シーネ固定中の 1 例の計 2 例は除外された．また，足関節シーネ固定中の 1 例は立位で行なう棘下筋と肩甲下筋の筋力評価からも除外された．

全対象者で見てみると，立位 release push テストは投球側が 16.9 ± 4.0 kgf で非投球側が 15.6 ± 8.0 kgf で有意差はなかった（$p = 0.050$）．腹臥位 release push テス

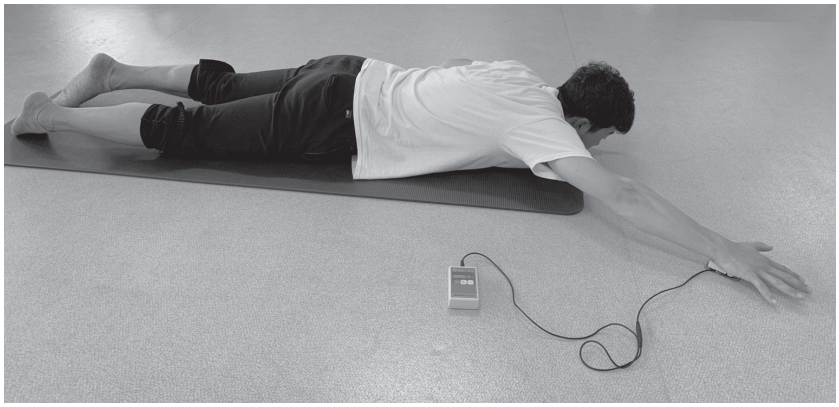


図２　腹臥位 release push テスト

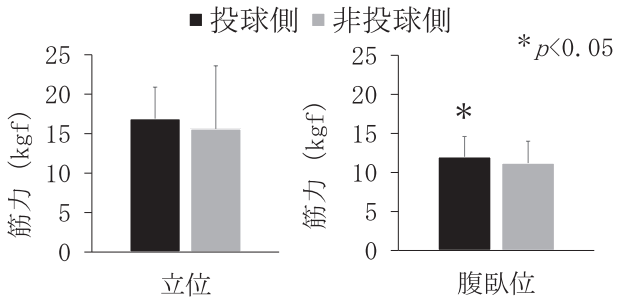


図３　立位 release push テストおよび腹臥位 release push テストにおける投球側と非投球側の筋力比較

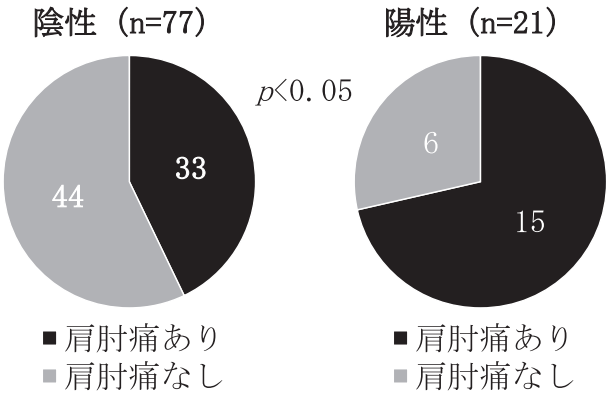


図４　立位 release push テストと肩肘痛との関連

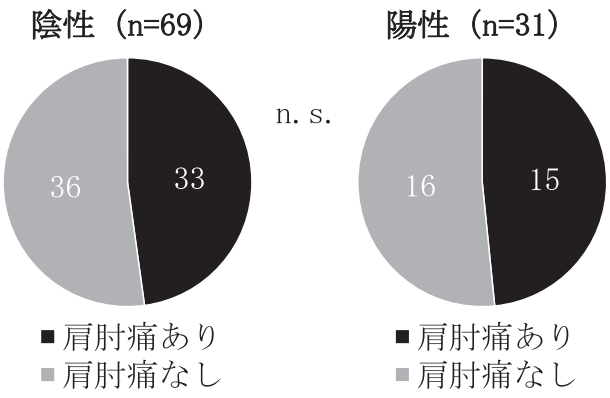


図５　腹臥位 release push テストと肩肘痛との関連
n.s.: 有意差なし.

トでは投球側（12.0±2.6 kgf）が非投球側（11.2±2.8 kgf）より有意に押す力が強かった（$p<0.0001$）（図 3）.

立位 release push テストで陽性だったのは 98 人中 21 人（21％）で，そのうち肩肘痛ありが 21 人中 15 人（71％）であり有意な関係が見られた（$p=0.020$）（図 4）．腹臥位 release push テストで陽性だったのは 100 人中 31 人（31％）と立位 release push テストより陽性率が高かった．しかし，この 31 人のうち肩肘痛ありが 15 人（48％）であり，肩肘痛と有意な関係は見られなかった（$p=0.959$）（図 5）.

肩肘関節痛を有し，立位 release push テスト陽性であった 15 人のうち，腹臥位 release push テストも陽性の選手は 4 人であった．また，肩肘関節痛を有し，立位 release push テスト陰性であった 33 人のうち，腹臥位 release push テストも陰性の選手は 22 人であった．立位 release push テスト陽性で腹臥位 release push テスト陰性であったのは 11 人であり，その逆のパターンも 11 人であった.

各肩関節周囲筋の筋力は肩肘痛の有無と有意な関係は見られなかった（表 2）.

考　　察

本研究において，腹臥位 release push テストでは投球側の押す力が有意に大きかったのに対し，立位 release push では左右差がなかった．このことから，立位と腹臥位では押す力に影響している筋群または筋機能が異なっていると考えられる．腹臥位 release push テストは体幹・下肢を地面に着けて安定させた状態で行なうため，上肢のみの筋力で押す力を発生させていると考えられる．一方，立位では両下肢の足底のみが接地しており，腹臥位と比較して不安定なのに加え，地面からの反力を下肢，体幹，上肢と伝達させて押す力を発揮する必要がある．したがって，腹臥位 release push テスト陰性で，立位 release push テスト陽性の場合は特に，腹臥位で発揮しにくい下肢，体幹の筋力およびその伝達機能を反映している可能性が考えられる.

表２　肩肘痛の有無と肩関節周囲筋群の筋力低下との関係

	肩肘痛あり		肩肘痛なし		
	陽性	陰性	陽性	陰性	*P* 値
棘上筋	22	26	17	35	0.178
棘下筋	18	30	16	35	0.521
肩甲下筋	25	23	36	15	0.058
僧帽筋	24	24	21	31	0.334
前鋸筋	20	28	18	34	0.468

そして，この二種類のテストのうち，立位 release push テストのみが肩肘痛と有意に関連していた．これは上肢よりも下肢，体幹の筋力あるいはその伝達機能の低下が肩肘痛と関連していることを示唆している．本研究では腹臥位 release push テスト以外にも肩関節周囲筋群の評価も行ない，肩肘痛との関連を調べた．先行研究では棘上筋，棘下筋，僧帽筋が肩肘の痛みや障害と関連していると報告されている[5, 7〜9]．また，肩甲下筋や前鋸筋は肩の後上方インターナルインピンジメントとの関連が報告されており[10, 11]，臨床での評価としても用いられている[12]．しかし，これらの評価項目も肩肘痛と有意な関連は見られなかった．本研究の結果は立位 release push テストが，上肢や肩関節の筋力評価では検出できない肩肘痛の要因となる機能的問題を検出している可能性を示唆しており，高校野球選手の投球障害肩・肘に対する体幹下肢の機能評価としての有用性を示している．

本研究の限界として，肩肘痛の詳細を検討していないことがあげられる．実際に，立位 release push テスト陰性 77 例中 33 例に肩肘痛があり，すべての肩肘痛を表すものではない．肩関節や肘関節の病態，あるいは痛みの生じる投球位相などによって立位 release push テストの陽性率や感度・特異度が変わる可能性がある．各病態や痛みの生じる位相と立位 release push テストとの関連の検討が今後必要である．また，release push テストの肢位は実際の投球におけるボールリリース肢位と異なる可能性がある．三次元動作解析装置を用いた比較検討が必要である．さらに，投球側の押す力が非投球側より低下している場合に陽性と定義したが，最適な定義であったかはわからない．release push テストと肩肘痛の関連をより反映するような左右差の程度による段階付けや筋力のカットオフ値が存在する可能性があるため，今後のさらなる検討が必要とされる．

臨床応用に関して，本研究では release push テストでは計測機器を用いて筋力評価を行なったが，release push テスト自体は筋力の低下あるいは左右差，疼痛誘発を評価することを目的としており，Empty can test[2] などのように徒手抵抗でも評価しうるものである．したがって，立位 release push テストでは後方から抵抗をかける形以外に，前方から抵抗をかける形でも評価可能である．

また，本研究により肩肘痛と立位 release push テスト時の筋力の関連が示されたが，この筋力に影響する筋群のトレーニングやボールリリース位置の修正などによって立位 release push テストの筋力が向上し，肩肘痛にも影響を及ぼす可能性がある．今後の研究では，肩肘痛があり立位 release push テストが陽性の選手に対し，関連筋群の筋力向上やボールリリース位置修正によって肩肘痛が改善するか，縦断的に調べていく必要がある．

結　　語

1. 高校野球選手 100 名を対象として，立位 release push テストと肩肘痛の関連を調べた．
2. 立位 release push テストと肩肘痛の間に有意な関連が見られた．
3. 腹臥位 release push テストや肩関節周囲筋力は肩肘痛と有意な関連はなかった．
4. 立位 release push テストが，上肢や肩関節の筋力評価では検出できない肩肘痛の要因となる機能的問題を検出している可能性がある．

文　　献

1）Kibler WB: The role of the scapula in athletic shoulder function. Am J Sports Med, 26: 325–337, 1998.
2）Jobe FW et al: Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for rotator cuff injuries. Am J Sports Med, 10: 336–339, 1982.
3）Hertel R et al: Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. J Shoulder Elbow Surg, 5: 307–313, 1996.
4）Gerber C et al: Isolated rupture of the subscapularis tendon. Results of operative repair. J Bone Joint Surg Am, 78: 1015–1023, 1996.
5）Trakis JE et al: Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing-related pain: implications for injury prevention. Am J Sports Med, 36: 2173–2178, 2008.
6）Ekstrom RA et al: Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. J Orthop Sports Phys Ther, 33: 247–258, 2003.

7）Tyler TF et al: Risk factors for shoulder and elbow injuries in high school baseball pitchers: the role of preseason strength and range of motion. Am J Sports Med, 42: 1993–1999, 2014.
8）Byram IR et al: Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: identifying players at risk for injury. Am J Sports Med, 38: 1375–1382, 2010.
9）Garrison JC et al: Baseball players with ulnar collateral ligament tears demonstrate decreased rotator cuff strength compared to healthy controls. Int J Sports Phys Ther, 10: 476–481, 2015.
10）Mihata T et al: Effect of scapular orientation on shoulder internal impingement in a cadaveric model of the cocking phase of throwing. J Bone Joint Surg Am, 94: 1576–1583, 2012.
11）Mihata T et al: Effect of rotator cuff muscle imbalance on forceful internal impingement and peel-back of the superior labrum: a cadaveric study. Am J Sports Med, 37: 2222–2227, 2009.
12）高村隆：セラピストとしての投球障害肩へのアプローチ②．Orthopaedics, 30: 67–77, 2017.

大腿骨内側顆離断性骨軟骨炎の発生部位と内側半月板逸脱量との関連

The Association between Medial Meniscus Extrusion and Lesion Location of Osteochondritis Dissecans of the Medial Femoral Condyle

石川　正和[1)]　Masakazu Ishikawa
亀井　豪器[2)]　Goki Kamei
中前　敦雄[2)]　Atsuo Nakamae
安達　伸生[2)]　Nobuo Adachi

●Key words
膝離断性骨軟骨炎，発生部位，内側半月板逸脱

●要旨
膝離断性骨軟骨炎（OCD）は大腿骨の特定の部位に発生することが分かっているが，その原因は明らかにされていない．内側半月板逸脱量と膝 OCD の発生部位に着目し検討を行なった．当院で加療を行なった大腿骨内側顆および外側顆 OCD 患者を対象とした．Aichroth 分類から classical／extended classical type（MFC-C/EC 群），inferior-central type（MFC-IC 群）および外側顆 OCD 群（LFC 群）の 3 群において，MRI 冠状断像の脛骨内側縁から内側半月板逸脱距離を内側半月板の幅で除した relative percentage of extrusion（RPE）による比較検討を行なった．RPE は他の 2 群と比較して MFC-IC 群で有意に大きな値を示していた（$P<0.01$）．内側半月板逸脱による大腿骨内側顆への過負荷が inferior-central type の OCD 発生に関与することが推察される．

はじめに

若年者における原因不明の軟骨下骨の局所病変と定義される膝離断性骨軟骨炎（以下 OCD）は大腿骨の特定の部位に発生することが分かっている[1, 2)]．スポーツ活動などの過負荷による微小外力がその重要な原因と考えられているが，その原因は未だに明らかにされていない．これまでに，OCD 患者における解剖学的特徴に関する研究は非常に限られており[3~6)]，また，すべての発生部位に関して説明ができるほど，十分な情報は得られていない．

一方，内側半月板逸脱は骨壊死[7, 8)]や変形性膝関節症の進行[9~11)]に重要であることが明らかとなっている．本研究では，大腿骨内側顆骨壊死病変部位と大腿骨内側顆 inferior-central type OCD の発生部位が類似していることに着目した．本研究の目的は内側半月板逸脱量と膝 OCD 発生部位との関連を明らかにすることである．

対象および方法

2010 年から 2017 年に当院で手術加療を行なった大腿骨内側顆および外側顆 OCD 患者 38 例 47 膝を対象とした．内側顆 OCD は Aichroth 分類による classical および extended classical type（MFC-C/EC 群）と inferior-central type（MFC-IC 群）の 2 群に分け，外側顆 OCD 群（LFC 群）との 3 群で比較検討を行なった．内側半月板逸脱は，MRI 冠状断像における脛骨内側縁からの内側半月板逸脱距離を内側半月板の幅で除した relative percentage of extrusion（RPE）を用いて検討を行なった[12)]（図 1）．また，年齢，body mass index（BMI），下肢アライメント評価として，lateral distal femoral angle（LDFA）および medial proximal tibial angle（MPTA）を計測し，3 群間の比較および RPE との関連を検討した．統計学的解析は，3 群間の比較には Kruskal-Wallis 検定を用い，Bonferroni/Dunn's 法によ

石川正和
〒 734-8551　広島市南区霞 1-2-3
広島大学人工関節・生体材料学
TEL 082-2576-5233/FAX 082-257-5234
E-mail mishikawa@hiroshima-u.ac.jp

1）広島大学人工関節・生体材料学
Department of Artificial Joints and Biomaterials, Graduate School of Biomedical and Hearth Sciences, Hiroshima University
2）広島大学大学院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Biomedical and Hearth Sciences, Hiroshima University

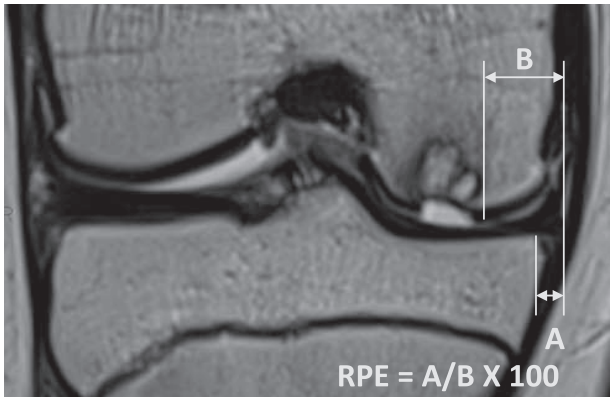


図 1　内側半月板逸脱量の計測方法
MRI 冠状断像において脛骨内測縁からの内側半月板逸脱量（A）の内側半月板の全幅（B）に対する比率を計測．Relative percentage of extrusion（RPE）＝A/B×100.

る多重比較を行なった．RPE と年齢，BMI および下肢アライメントとの相関の評価には Spearman 順位相関係数検定を用いた．p 値 5%未満を有意差ありとした．

結　　果

MFC-C/EC 群は 18 膝（男性 14 例，女性 2 例，平均年齢 15.3 歳），MFC-IC 群は 12 膝（男性 6 例，女性 2 例，平均年齢 14.8 歳），LFC 群は 17 膝（男性 10 例，女性 4 例，平均年齢 12.8 歳）認めた．年齢，BMI に関しては各群間で有意差を認めなかった．アライメントに関しては LDFA においては MFC-C/EC 群と LFC 群の間でのみ有意差を認めたが，MPTA に関しては各群間で有意差は認められなかった（表 1）．RPE は MFC-C/EC 群，LFC 群と比較して MFC-IC 群で有意に大きな値を示していた（MFC-C/EC 群：20.7±9.3%，MFC-IC 群：33.0±6.2 %，LFC 群：19.4±9.7 %）（図 2）．また，RPE と年齢，BMI，下肢アライメントの相関に関しては，RPE と MPTA においてのみ有意な負の相関を認めた（r＝−0.386, p＝0.007）（図 3）．

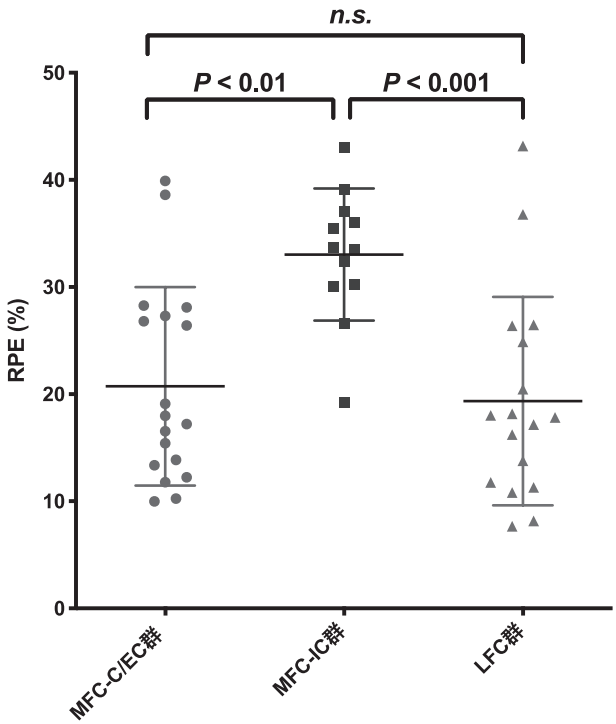


図 2　各群間における RPE の比較
RPE は MFC-IC 群において有意に大きな値を示していた．

考　　察

非常に限られた症例数ではあるが，本研究から大腿骨内側顆 inferior-central type OCD 症例において RPE が有意に大きな値を示していた．また，MPTA と RPE が負の相関を示すことも明らかとなった．

小児，若年者の内側半月板逸脱と膝関節の異常に関する報告は非常に限られている．Rennie らは 24 名のラグビーもしくはサッカー選手からなる若年者アスリート群 40 膝と 23 名の対照群 36 膝において，内外側半月板の逸脱を MRI で評価している[13]．アスリート群の半月板逸脱症例の 73%で関節水腫を併発しており，関節水腫が最も半月板逸脱と関連することが報告されている．しかし，いずれの群も平均年齢が 20 代であり，OCD 発生年齢と考えることが難しい．Yamasaki らは，外側円板状半月の形成的部分切除後の関節症性変化に関する危険

表 1　各群の患者背景と比較検討

	MFC-C/EC 群（n＝18）	MFC-IC 群（n＝12）	LFC 群（n＝17）	
年齢（歳）	15.3±6.5	14.8±3.8	12.8±3.8	n.s.
性別（男／女）	14/2	6/2	10/4	n.s.
BMI（kg/m^2）	22.3±5.2	19.8±3.3	20.1±4.5	n.s.
LDFA（°）	83.0±1.7	81.7±2.0	80.9±2.7	*p<0.05
MPTA（°）	84.3±2.2	84.8±3.2	86.2±2.8	n.s

BMI: body mass index, LDFA: lateral distal femoral angle, MPTA: medial proximal tibial angle

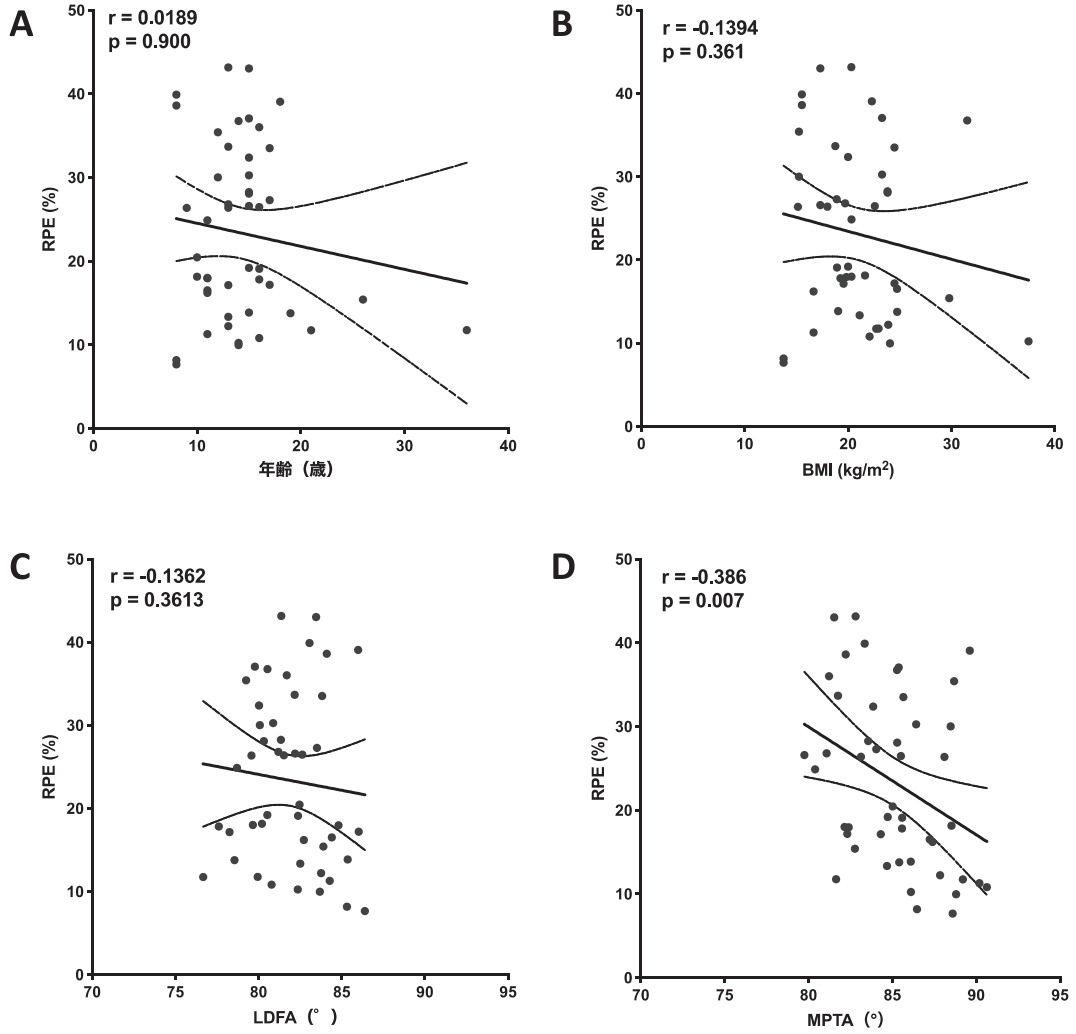


図３　RPE と体重，BMI および下肢アライメントとの相関
A：年齢（歳），B：BMI（kg/m^2），C：LDFA（°），D：MPTA（°）．

因子は残存半月板の幅と逸脱であることを報告している[14]．このように，小児，若年者の半月板逸脱が関節症性変化に関連することが報告されているが，内側半月板逸脱と膝 OCD 病変に関する報告はわれわれが渉猟しえた限り存在しない．

内側半月板逸脱に関連する大腿骨内側顆病変として，大腿骨内側顆骨壊死が容易に想像できる．現在では，内側顆骨壊死は不全骨折であるという考え方が主流となりつつある[15]．Robertson らは大腿骨内側顆骨壊死と内側半月板後根損傷との関連を報告しており[7]，また，Yasuda らは大腿骨内側顆骨壊死病変部サイズと内側半月板逸脱量が正の相関を示すことを報告している[16]．これらの報告から，小児においても内側半月板逸脱と大腿骨内側顆の不全骨折，すなわち，軟骨下骨の骨折とも考えられている OCD 病変が発生すると考えることはそれほど難しいことではないと思われる．

一方，小児，若年者における明らかな断裂を認めない内側半月板逸脱のメカニズムに関しては未だ不明なことが多い．Krych らは，MRI 画像診断で内側半月板逸を示す 3,244 例の中で明らかな半月板実質部の断裂を認めないにもかかわらず内側半月板の逸脱症例が 20 例（0.62％）存在したことを報告している[17]．この 20 例では半月脛骨靱帯の異常を認めていたことが明らかとなっている．小児においても，スポーツ活動などの過負荷により，半月脛骨靱帯の損傷に続く内側半月板逸脱を生じることで，大腿骨内側顆への過負荷から inferior-central type の OCD 発生につながるのではないかと推測している．

本研究では，10 代の患者において MPTA と RPE の負の相関が示され，脛骨内反と内側半月板逸脱の関連が推測される．Goto らは下肢内反変形と内側半月板逸脱が併存することが変形性膝関節症進行の危険因子であり，MPTA 低値，すなわち脛骨近位内反は下肢内反の独立因子であることを報告している[18]．よって，小児においても，MPTA 低値は下肢内反を呈し，内側半月板逸脱を併発することで，大腿骨内側顆の過負荷を惹起することが予想される．

本研究の限界として，下肢全長アライメントの評価が

できていないことがあげられる．過去の報告では下肢全長立位レントゲン像から荷重軸と大腿骨離断性骨軟骨炎の病変部位に高い相関があったと報告されている[19]．したがって，内側顆離断性骨軟骨炎患者においては同年代と比較して内反アライメントを呈している可能性がある．次に，本研究においてはMRI画像から半月脛骨靱帯の評価ができてないことがあげられる．内側半月板実質部に損傷を認めない内側半月板の逸脱は非常に稀な病態であるが[17]，大腿骨内側顆離断性骨軟骨炎inferior-central typeもAichrothの報告から10%と稀な発生部位であるため[2]，半月脛骨靱帯のMRI画像における詳細な評価が必要になると考えている．

今後，症例数を増やし，詳細な下肢アライメントおよびMRI画像評価から内側半月板逸脱と内側顆OCDの病変部位との関連を検討することで，病態に準じた保存および手術療法の確率が可能になると考えている．

結　　語

大腿骨内側顆inferior-central typeのOCD症例では他の発生部位症例と比較して有意にRPEが有意に大きいことが示された．内側半月板逸脱による大腿骨内側顆への過負荷がinferior-central typeのOCD発生に関与することが推察される．

文　　献

1）Edmonds EW et al: Osteochondritis dissecans: editorial comment. Clin Orthop Relat Res, 471: 1105-1106, 2013.
2）Aichroth P: Osteochondritis dissecans of the knee. A clinical survey. J Bone Joint Surg Br, 53: 440-447, 1971.
3）Deie M et al: Relationship between osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle and lateral menisci types. J Pediatr Orthop, 26: 79-82, 2006.
4）Kamei G et al: Characteristic shape of the lateral femoral condyle in patients with osteochondritis dissecans accompanied by a discoid lateral meniscus. J Orthop Sci, 17: 124-128, 2012.
5）Chow RM et al: Intercondylar notch width as a risk factor for medial femoral condyle osteochondritis dissecans in skeletally immature patients. J Pediatr Orthop, 36: 640-644, 2016.
6）Ishikawa M et al: Unique anatomic feature of the posterior cruciate ligament in knees associated with osteochondritis dissecans. Orthop J Sports Med, 4: 2325967116648138, 2016.
7）Robertson DD et al: Meniscal root injury and spontaneous osteonecrosis of the knee: an observation. J Bone Joint Surg Br, 91: 190-195, 2009.
8）Sung JH et al: Meniscal extrusion and spontaneous osteonecrosis with root tear of medial meniscus: comparison with horizontal tear. Arthroscopy, 29: 726-732, 2013.
9）Allaire R et al: Biomechanical consequences of a tear of the posterior root of the medial meniscus. Similar to total meniscectomy. J Bone Joint Surg Am, 90: 1922-1931, 2008.
10）Padalecki JR et al: Biomechanical consequences of a complete radial tear adjacent to the medial meniscus posterior root attachment site: in situ pull-out repair restores derangement of joint mechanics. Am J Sports Med, 42: 699-707, 2014.
11）Bhatia S et al: Meniscal root tears: significance, diagnosis, and treatment. Am J Sports Med, 42: 3016-3030, 2014.
12）Verdonk P et al: Normal and transplanted lateral knee menisci: evaluation of extrusion using magnetic resonance imaging and ultrasound. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 12: 411-419, 2004.
13）Rennie WJ et al: Meniscal extrusion in young athletes: associated knee joint abnormalities. AJR Am J Roentgenol, 186: 791-794, 2006.
14）Yamasaki S et al: Risk factors associated with knee joint degeneration after arthroscopic reshaping for juvenile discoid lateral meniscus. Am J Sports Med, 45: 570-577, 2017.
15）Kidwai AS et al: Radiologic case study. Spontaneous osteonecrosis of the knee reclassified as insufficiency fracture. Orthopedics, 28: 236, 333-336, 2005.
16）Yasuda T et al: Association between medial meniscus extrusion and spontaneous osteonecrosis of the knee. Int J Rheum Dis, 21: 2104-2111, 2018.
17）Krych AJ et al: Isolated meniscus extrusion associated with meniscotibial ligament abnormality. Knee Surg Sports TraumatolArthrosc,doi: 10.1007/s00167-019-05612-1, 2019.
18）Goto N et al: Alignment factors affecting the medial meniscus extrusion increases the risk of osteoarthritis development. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 27: 2617-2623, 2019.
19）Gonzalez-Herranz P et al: Femoral osteochondritis of the knee: prognostic value of the mechanical axis. J Child Orthop, 11: 1-5, 2017.

サーフィン中に受傷した股関節前下方脱臼の 1 例

Traumatic Obturator Hip Dislocation Caused by Surfing: a Case Report

加藤　礼乃　Ayano Kato
黒田　浩司　Hiroshi Kuroda
亀岡　尊史　Takashi Kameoka

●Key words
股関節閉鎖孔脱臼，股関節前下方脱臼，サーフィン
Obturator dislocation of the hip：Anterior dislocation of the hip：Surfing

●要約
サーフィンを契機に受傷した股関節前下方脱臼の 1 例を経験した．股関節脱臼のうち前方脱臼は比較的稀で，高エネルギー外傷による受傷が多く，サーフィンでの受傷は珍しい．内転筋群の緊張が強く鎮静のみの徒手整復は困難であったが腰椎麻酔下で徒手整復された．受傷後 18 ヵ月時点で大腿骨頭壊死などの合併症は認めていない．
2010 年 1 月から 2019 年 10 月の股関節前方脱臼に関する文献から男女比は男性 74%，女性 26%，受傷機転は交通事故が最多で，57%で股関節周囲を含む骨折を合併していた．股関節脱臼単独であっても観血的整復への移行は 13%，整復操作で骨折を併発した症例報告もあり脱臼整復時には観血的整復も考慮する必要がある．

はじめに

外傷性股関節脱臼の多くは後方脱臼であり，前方脱臼は 10〜15%と稀である[1]．症例報告は散見されるがその多くは交通事故など高エネルギー外傷による受傷であり，運動中に受傷した報告は少ない．今回，われわれはサーフィンを契機に受傷した股関節前下方脱臼の 1 例を経験したため，最近報告された文献をもとに股関節前方脱臼の疫学，脱臼整復法，合併症について考察した．

症　例

20 歳，男性．主訴は右股関節痛，歩行困難．既往歴特記すべきことなし．サーフボードに乗り滑走中，波に巻かれて 1 m 程度開脚位で落下し受傷した．直後から右股関節痛が出現し，歩行困難となり前医へ救急搬送された．同院で右股関節脱臼と診断され，無麻酔下で徒手整復を試みられるも整復不能であり当院へ転院となった．

初診時身体所見：右股関節軽度屈曲，外転，外旋位で弾発性固定を呈したが，安静時痛，下肢神経症状や血流障害は認められなかった．

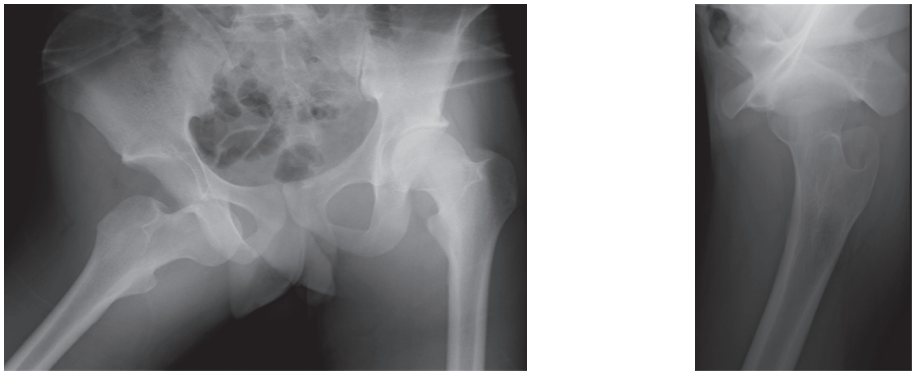
画像所見：股関節単純 X 線像（図 1a, b）で右大腿骨頭が臼蓋下方へ脱臼しており，股関節単純 CT（図 2a, b, c）で大腿骨頭の閉鎖孔前への嵌頓を認めた．大腿骨頭骨折や臼蓋骨折等の骨折は認めなかった．以上より右股関節前下方脱臼，Epstein 分類[2] Type B1（表 1）と診断した．

治療経過：救急外来で鎮静し徒手整復を試みたが困難であったため，観血的整復への移行も考慮して手術室へ移動した．筋弛緩を得るため腰椎麻酔を施行し再度整復を試みた．股関節内転筋群の緊張が強く，大腿骨軸方向への牽引のみでは大腿骨頭は臼蓋を乗り越え得なかった．そこで股関節軽度屈曲，膝関節屈曲で大腿骨長軸方向へ牽引し，内外旋する中で整復された（図 3a, b）．

後療法：整復後 3 週間患肢免荷とした後，部分荷重を段階的に開始し 6 週間で全荷重を許可した．受傷後 3 ヵ月から段階的にスポーツを許可し，12 ヵ月の MRI（図 4a, b, c）では大腿骨頭壊死を示唆する所見は認めず，18 ヵ月現在，股関節痛や可動域制限はなくスポーツ復帰を果たしている．

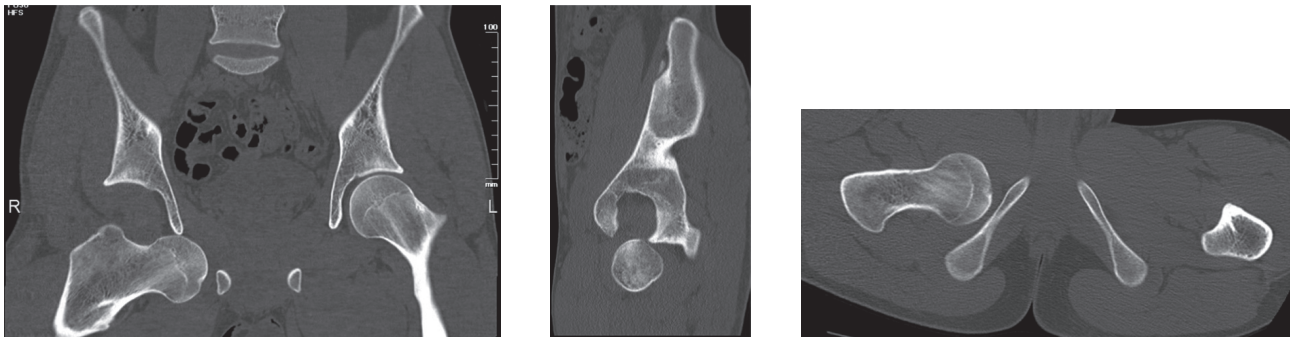
加藤礼乃
〒 296-8602　鴨川市東町 929
医療法人鉄蕉会亀田総合病院整形外科
TEL 04-7092-2211

亀田総合病院整形外科
Department of Orthopedic Surgery, Kameda Medical Center



a　　b

図 1　初診時股関節単純 X 線像
a：股関節正面．b：股関節軸位．
右大腿骨頭が臼蓋下方へ脱臼していた．



a　　b　　c

図 2　初診時股関節単純 CT 像
a：冠状断．b：矢状断．c：軸位断．
大腿骨頭の閉鎖孔前への嵌頓を認めるが，大腿骨頭骨折や臼蓋骨折等の骨折は認めなかった．

表 1　Epstein 分類[2)]

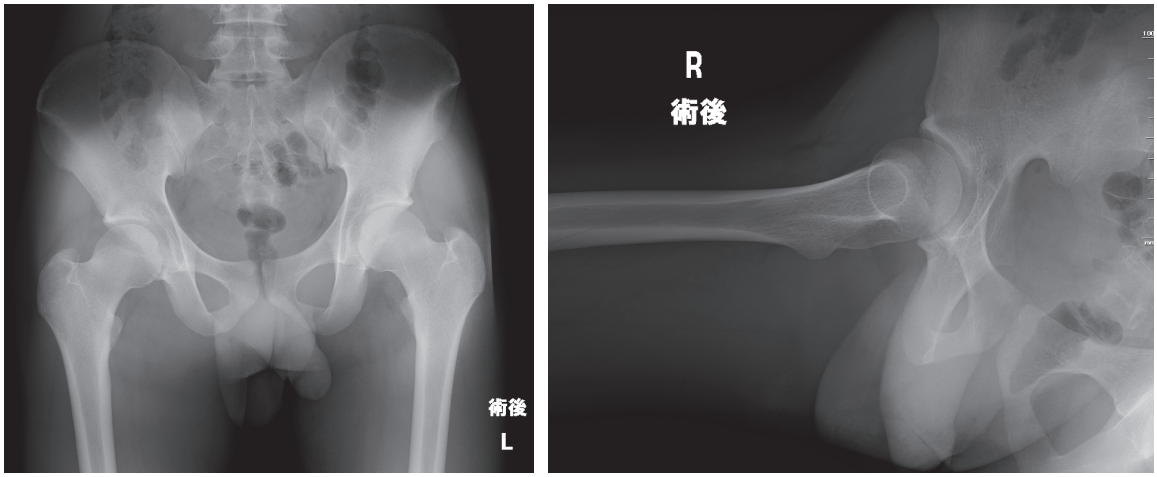
Type A：上方脱臼/pubic	Type B：下方脱臼/obturator
1: With no fracture（simple）	1: With no fracture（simple）
2: With fracture of the head of the femur	2: With fracture of the head of the femur
3: With fracture of the acetabulum	3: With fracture of the acetabulum

考　　察

外傷性股関節脱臼のうち前方脱臼は 10～15％と報告されており比較的稀な外傷である[1)]．股関節前方脱臼の分類として Epstein 分類[2)]（表 1）が用いられており，90％は大腿骨頭が寛骨臼より下方に脱臼する前下方脱臼（Type B，obturator dislocation），残る 10％は上方に脱臼する前上方脱臼（Type A，pubic dislocation）に分類される[3, 4)]．

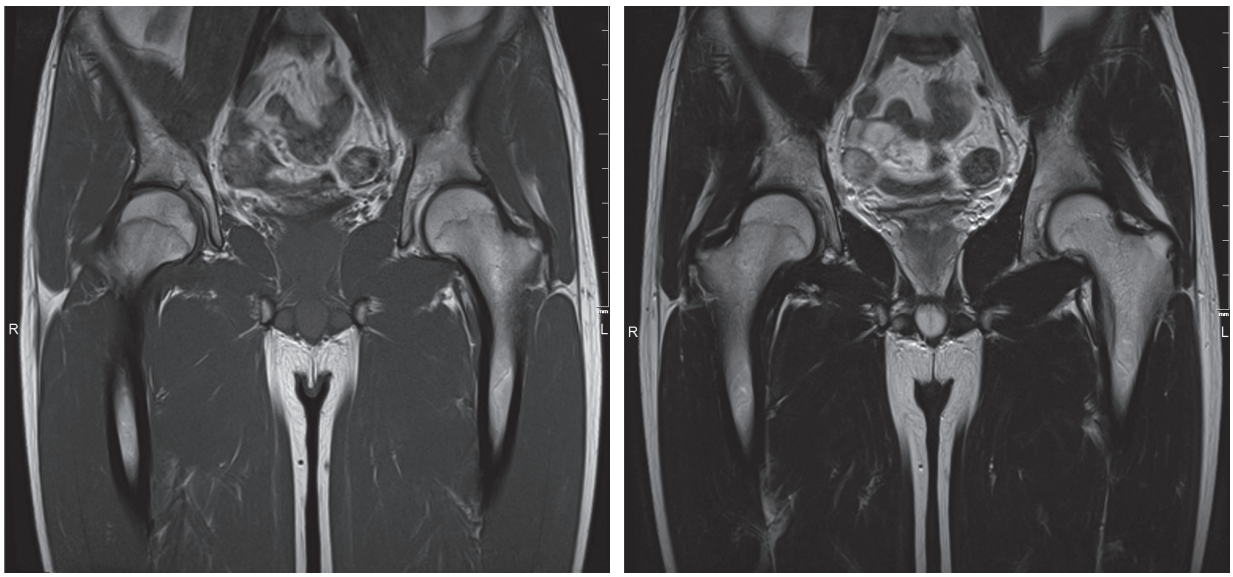
受傷機序として Erb ら[3, 5)]の報告によると，前方脱臼のうち前上方脱臼では股関節伸展位で外転，外旋強制されることにより大腿骨頭が腸骨大腿靱帯と恥骨大腿靱帯の間に嵌頓し脱臼する．一方で前下方脱臼は股関節屈曲位で外転，外旋強制されることにより腸骨大腿靱帯の下方から閉鎖孔へ大腿骨頭が嵌頓し脱臼する（図 5）．前下方脱臼において膝関節屈曲，股関節過屈曲位で大腿への軸圧がかかる機序の報告もある[6)]．本症例の受傷機転は，開脚位で波に巻かれて海底に着地し受傷したと本人が記憶していたため，股関節屈曲位で外転外旋強制されたと推察される（図 6）．

股関節前方脱臼の非観血的整復方法として Allis Leg Extension Method や Reverse Bigelow Method，Stimson Gravity Method 等が知られており[7)]，観血的整復術への移行を考慮する要因として長時間の脱臼，大腿骨骨折等があげられる[7, 8)]．栗島らは股関節脱臼の整復阻害因子として筋肉，関節唇，腸腰筋腱，関節包，円靱帯，関節内血腫をあげており，筋肉量の多い若年男性において前方関節包や腸腰筋腱が脱臼により引き伸ばされることで過緊張となって整復阻害因子となっていた症例を報

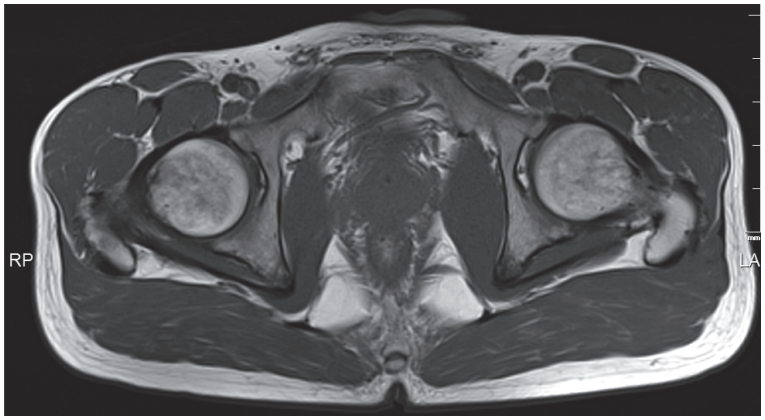


a　　b

図３　股関節脱臼整復後単純 X 線像
a：股関節正面．b：股関節軸位．
骨折の合併もなく脱臼が整復されている．



a　　b



c

図４　受傷後６ヵ月単純 MRI 像
a：T1 冠状断面像．b：T2 冠状断面像．c：T1 横断面像．
受傷後６ヵ月時点で大腿骨頭壊死を示唆する所見は認めなかった．

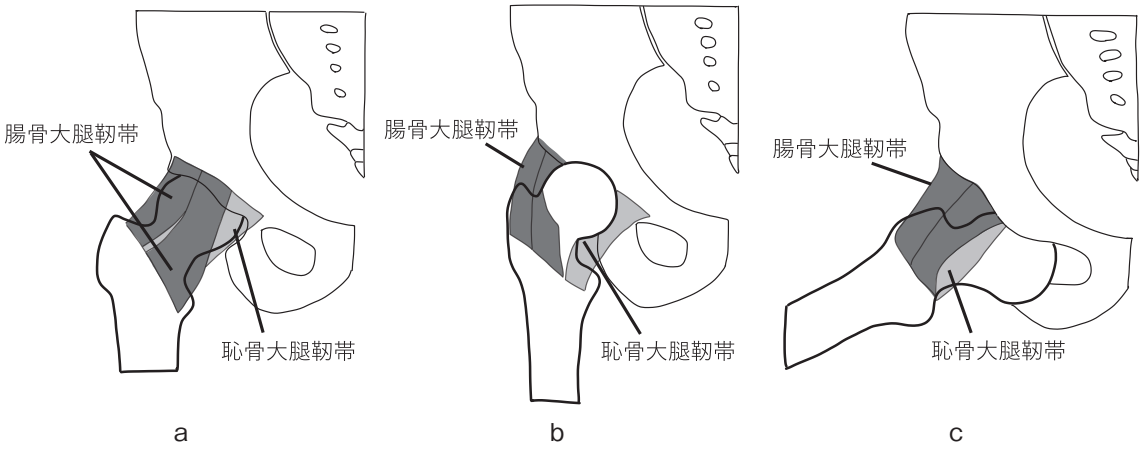


図５　受傷機序
a：正常.
b：股関節伸展位で外転，外旋強制されて腸骨大腿靭帯と恥骨大腿靭帯の間に骨頭が脱臼する.
c：股関節屈曲位で外転，外旋強制されて腸骨大腿靭帯の下方から閉鎖孔へ骨頭が脱臼する.



図６　受傷時の姿勢
股関節軽度屈曲位，外転，外旋強制されたと予測される.

告している[9, 10]．本症例においても筋肉量の多い若年男性であり，内転筋群の緊張が強かったために鎮静のみでの非観血的整復が困難で，腰椎麻酔による筋弛緩を要したと考える．特に筋肉量の多い患者の股関節前方脱臼においては，十分な筋緊張の緩和を得ること，観血的整復への移行の考慮が重要である．また，整復操作で大腿骨近位部骨折を併発した報告もあるため整復操作は慎重に行なう必要がある．股関節脱臼の合併症として最も多いものは坐骨神経麻痺で，整復が遅れると回復不能となることもある．大腿骨頭壊死は股関節脱臼の 2〜10％に生じ，整復までに 6 時間以上経過すると発生率が上昇するとの報告もある．異所性骨化は整復操作で軟部組織に骨が残存した結果として 2.8〜9％に生じる[7]．他に外傷後股関節炎，再発性脱臼等が知られている．

われわれが渉猟し得た限りでは合計 48 編の文献，58 例の股関節前方脱臼の報告があった（表 2）．報告症例を検討すると，男性 74％（43 例/58 例），女性 26％（15 例/58 例），平均年齢 38.4 歳（17〜77 歳）であった．受傷機転としては交通事故が最多（32 例/58 例）で，ついで高所からの転落であった．交通事故の内訳はバイク事故 11 例，自動車事故 10 例，歩行者 3 例，その他 8 例であった．高エネルギー外傷が多く，骨折を伴う例が 44.8％（26 例/58 例）に認められた．本例のようにスポーツ中の受傷例としてはスキー，スノーボード，ストレッチ，スクワットがあり，サーフィンでの報告は 2017 年栗島らによる症例のみ[10]であった．両側股関節脱臼は股関節脱臼全体の 1.25％と非常に稀であるとされる[11]が，今回検討した 58 例のうち両側股関節脱臼は 9 例（15.5％）で認められた．整復方法については，64％（37 例/58 例）で非観血的整復が可能，36％（21 例/58 例）は観血的整復を必要とした．観血的整復を行なった症例のうち脱臼側の股関節周囲骨折や開放脱臼骨折を合併していた症例は 12 例，単純な股関節前方脱臼は 8 例，記載なし 1 例であった．整復方法について述べられた文献では大腿骨軸方向へ牽引し，股関節を内旋する方法で整復される症例が多かった．整復操作により大腿骨近位部骨折を生じた症例が 3 例あった．合併症については，早期合併症では坐骨神経麻痺の症例が 1 例，整復前に大腿動脈圧迫による下肢虚血を認めたものの整復後に改善した症例が 1 例，尿管損傷を来した症例が 1 例あった．晩期合併症として大腿骨頭壊死，異所性骨化，再脱臼がそれぞれ 1 例，変形性関節症が 2 例であった．

今回，比較的稀な受傷機転であるサーフィンで受傷した股関節前下方脱臼の 1 例を経験した．整復困難例や整復中の骨折合併の報告もあるため，整復は観血的整復への移行も考慮する必要がある．受傷後 18 ヵ月時点で合併症は認められないものの，今後も注意してフォローする必要がある．

表 2　股関節前方脱臼の報告例（2010 年 1 月～2019 年 10 月）
合計 48 編の文献　　58 例の股関節前方脱臼

年齢	平均　38 歳（17～77 歳）			
性別	男性　43 人	女性　15 人		
受傷機転	交通事故　32 例*1	転倒，転落　10 例	スポーツ　9 例*2　その他　6 例	詳細不明　1 例
脱臼の種類	前上方　19 例	前下方　36 例		詳細不明　3 例
	片側脱臼　49 例	両側脱臼　9 例		
骨折合併	あり　26 例*3	なし　28 例		詳細不明　4 例
整復方法	非観血的整復　37 例	観血的整復　21 例*4		
合併症	早期合併症　坐骨神経麻痺　1 例，大腿動脈圧迫による下肢虚血　1 例，尿道損傷　1 例			
	晩期合併症　大腿骨頭壊死　1 例，異所性骨化　1 例，変形性股関節症　1 例			

*1　バイク　11 例，車　10 例，歩行者　3 例，その他　8 例
*2　スキー，スノーボード，ストレッチ
*3　股関節周囲の骨折 20 例，股関節以外の骨折 6 例
*4　股関節周囲骨折あり 12 例，股関節脱臼単独 8 例，詳細不明 1 例

文　　献

1）DeLee JC et al: Fractures and dislocations of the hip. In: Rock- wood CA Jr, ed. Fractures in Adults. Vol 2. 4th ed. Lippincott-Raven, Philadelphia: 1756-1803. 1996.
2）Epstein HC: Traumatic dislocations of the hip. Clin Orthop Relat Res, 116-142, 1973.
3）Erb RE et al: Traumatic anterior dislocation of the hip: spectrum of plain film and CT findings. AJR Am J Roentgenol, 165: 1215-1219, 1995.
4）DeLee JC et al: Anterior dislocation of the hip and associated femoral-head fractures. J Bone Joint Surg Am, 62: 960-964, 1980.
5）Pringle JH et al: Traumatic dislocation at the hip joint. An experimental study on the cadaver. Glasgow Med J, 21: 25-40, 1943.
6）Brogdon BG et al: Luxatio erecta of the hip: a critical retrospective. Skeletal Radiol, 26: 548-552, 1997.
7）Dawson-Amoah K et al: Dislocation of the hip: a review of types, causes, and treatment. Ochsner J, 18: 242-252, 2018.
8）Gottlieb M: Hip dislocations in the emergency department: a review of reduction techniques. J Emerg Med, 54: 339-347, 2018.
9）Laorr A et al: Traumatic hip dislocation: early MRI findings. Skeletal Radiol, 24: 239-245, 1995.
10）栗島宏明ほか：サーフィン中に股関節閉鎖孔脱臼を受傷し，観血的整復術を要した 1 例．東北整災外会誌，60: 142-145, 2017.
11）Thompson VP et al: Traumatic dislocation of the hip: a survey of two hundred and four cases covering a period of twenty-one years. J Bone Joint Surg Am, 33-A: 746-778, 1951.

受傷 7 ヵ月で一次修復を行なった陳旧性大胸筋断裂の 1 例

Old Rupture of the Pectoralis Major Tendon with Primary Repair in 7 Months of Injury: a Case Report

大石　隆太[1, 2] Ryuta Oishi
結城　一声[2] Issei Yuki
村　成幸[1] Nariyuki Mura
髙木　理彰[2] Michiaki Takagi

●Key words
大胸筋，陳旧性断裂，一次修復術（治療）
Pectoralis major muscle：Old rupture：Primary repair

●要旨
はじめに：大胸筋断裂に対し，受傷 7 ヵ月で一次修復術を行ない，良好な成績を得たので報告する．
症例：23 歳，男性．日本拳法の試合中に投げられ，左肩水平伸展を強制され受傷し，4 ヵ月後に当院を受診した．左腋窩の大胸筋のレリーフは消失していたが，索条物を触れた．MRI では断裂部を描出できず，CT で大胸筋の陥凹を認めた．大胸筋断裂と診断し，受傷 7 ヵ月で縫合糸アンカー 3 本を用いて，一次修復を行なった．術後 2 年で痛みなく，ハンドヘルドダイナモメーターによる筋力評価でも左右差を認めなかった．
結論：7 ヵ月経過した陳旧性の大胸筋断裂でも，本症例のように断端が十分に引き出せる症例に対しては一次修復が可能であると考える．

はじめに

大胸筋断裂は，筋肉質のスポーツマンにみられる比較的稀な外傷であり[1]，アメリカ軍人での発症頻度は 0.06％と報告され[2]，本邦での報告は，われわれが渉猟し得る限りで 16 例のみであった[1, 3, 4]．陳旧性断裂に対しても一次修復術の良好な成績が報告されている[5, 6]．一方，陳旧例に対して再建術の報告もみられる[7]．陳旧例に対する一次修復術可能時期の限度に関する報告はない．今回，大胸筋断裂に対し，受傷 7 ヵ月で一次修復術を行なった症例を経験したので報告する．

症　例

23 歳，男性．自衛官．日本拳法の試合中に投げられ，左肩水平伸展を強制され，左肩関節痛が出現した．近医で肩関節捻挫の診断を受け，鎮痛剤が処方されたが痛みがとれず，懸垂や腕立て伏せができなかった．受傷 4 ヵ月後，当院へ紹介となった．日常生活動作では痛みがなかったが，自衛隊の訓練ができなかった．視診で，左腋窩に大胸筋のレリーフは消失していたが，索条物を触れた（図 1）．肩内旋動作での負荷で痛みがあり，筋力低下がみられた．肩自動挙上は 155 度，外転は 180 度，下垂位外旋は 35 度，下垂位内旋は Th7 と可動域は制限を認めなかった．肩筋力は，MMT で 90 度外転が 5，45 度外転が 5，外旋が 5 であったが，内旋は 4 と低下を認めた．ハンドヘルドダイナモメーター（MicroFET®2, Hoggan Health Industry; South Draper，UT）による上肢下垂位での等尺性内旋筋力は健側が 144 N に対し 98 N と左右差を認めた（表 1）．日本肩関節学会肩のスポーツ能力の評価法（JSS スポーツスコア）は 31 点で

大石隆太
〒 990-9585　山形市飯田西 2 丁目 2-2
山形大学医学部整形外科学講座
TEL 023-628-5355/FAX 023-628-5357
E-mail bunt-craftsman4@hotmail.co.jp

1）吉岡病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Yoshioka Hospital
2）山形大学整形外科学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University Faculty of Medicine

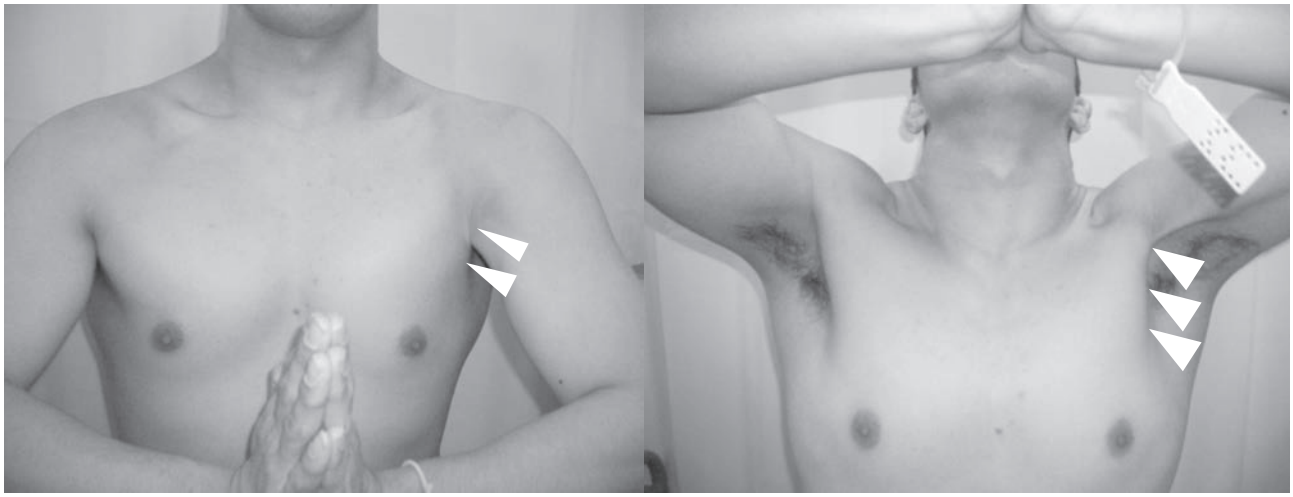


図 1　視診
矢頭：左腋窩の大胸筋レリーフは消失している.

表 1　術前の臨床所見

肩 ROM	右	左
屈曲	155	155
伸展	45	45
外転	180	180
下垂位外旋	40	35
外転位外旋	110	100
下垂位内旋	Th7	Th7
肩 MMT	右	左
90° 外転	5	5
45° 外転	5	5
外旋	5	5
内旋	5	4
MicroFET2（N）	右	左
90° 外転	215	197
45° 外転	200	184
外旋	145	138
内旋	144	98

あった．CT では大胸筋の陥凹を認め（図 2a），MRI では大胸筋断裂部を描出できなかった（図 2b）.

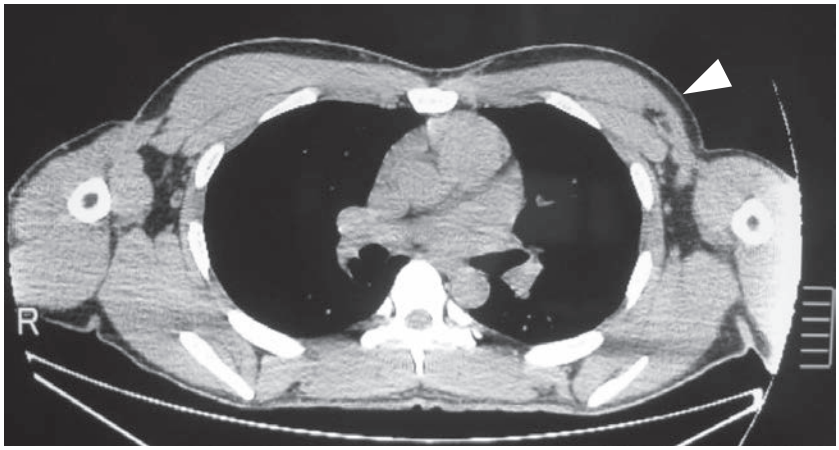
大胸筋断裂と診断し，自衛官であり，スポーツレベルも高いため，保存療法での大胸筋筋力低下の残存を危惧し，手術療法を選択した．受傷 7 ヵ月で一次修復を行なった．Deltopctoral approach で，大胸筋腱付着部まで至る皮切を置き，大胸筋腱上腕骨付着部を露出した．大胸筋腱は大結節稜から剥離しており，上腕二頭筋筋膜に癒着していた（図 3a）．大胸筋腱に Krackow suture を行ない，大結節稜を新鮮化した．若年であり骨質には問題なく，大結節稜は皮質骨が厚いため，アンカー脱転の可能性は低いと判断し，径 4.5 mm で吸収性の縫合糸アンカー（HEALIX ADVANCE™ BR ANCHOR, DePuy Mitek Inc; MA, USA）3 本を用いて一次修復を行なった（図 3b）．術後は 4 週間の装具固定後，他動可動域訓練を開始し，8 週で抵抗運動，12 週で筋力訓練を開始した．術後左腋窩の大胸筋レリーフは回復した（図 4）．術後 1 年の MRI で大胸筋腱の連続性を認めた（図 5）．術後 2 年で痛みなく，腕立て 86 回，懸垂 20 回，ベンチプレスは 100 kg 挙上可能となり，格闘技にも復帰している．ハンドヘルドダイナモメーターよる筋力評価でも下垂位での等尺性内旋筋力が健側 197 N，患側が 187 N と左右差を認めなかった（表 2）．JSS スポーツスコアは 90 点であった.

考　　察

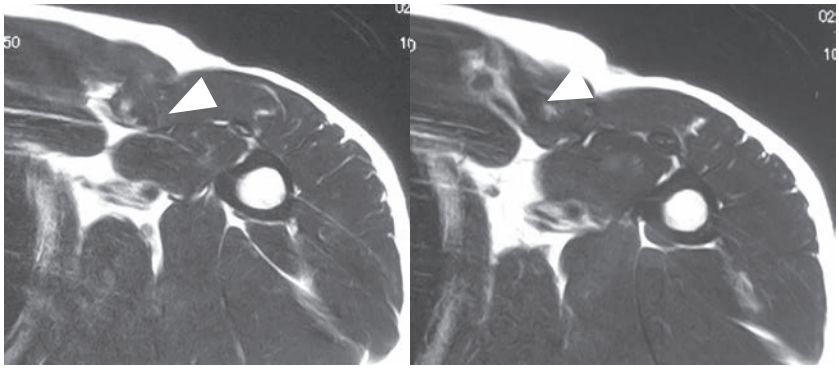
大胸筋断裂の受傷機転としては，伸展・外転・外旋時の筋過緊張時の介達外力が言われている[1]．症状は腫張，皮下出血斑，筋の膨隆・陥凹，大胸筋レリーフの消失等が報告されるが[8]，肩前方脱臼などとして見逃される可能性がある．奥脇は陳旧性大胸筋断裂の症例で，腋窩部の水掻き様の変形を認めたと報告しており[9]，本症例でも腋窩部に索状物を触れた．診察時には服を脱がせ，患部を丁寧に観察する必要がある．MRI による評価の重要性や[10]，超音波の有効性も報告されているが[11]，いずれも疑わなければ撮像範囲に入らない問題点がある．本症例でも前医では肩関節捻挫として診断がつかず，臨床所見から大胸筋断裂を疑い MRI で診断した.

大胸筋断裂の治療は機能的にも筋力回復ともに保存加療よりも手術が[12, 13]，陳旧期手術よりも早期手術[14]が良好であるとされる.

一般に陳旧性大胸筋断裂での手術成績は筋の短縮や瘢痕などにより手術部位が広範になることや，腱移植を必要とすることから，新鮮例より悪いとされる．しかし，アスリートや若年者では保存療法で十分な筋力回復が得られないため，陳旧例に対しても積極的な手術がすすめられる．本症例は自衛官であり，スポーツレベルも高いため，手術療法を選択した.



a



b

図２　画像所見
a：単純 CT　矢頭：大胸筋の陥凹あり.
b：単純 MRI T2 水平断　矢頭：大胸筋腱は上腕骨付着部まで追えず.

陳旧性大胸筋断裂の手術に関して受傷から５年[6]，13年[5]で一次修復したという報告がある．一方で，受傷８週で同種アキレス腱を用いた再建を行なった症例[15]や，受傷９ヵ月で骨付き膝蓋腱を用いた再建を行なった症例[16]の報告があり，受傷からの期間で一次修復可能かの判断は難しいと考える．また，術前の身体所見，画像評価でも再建が必要となった症例特有の所見はなく[15〜17]，術前に一次修復可能かの判断は困難と考えられる．よって大胸筋腱腱周囲を十分剥離しても，なお腱付着部まで断端が届かない場合に，再建ができるよう準備してから，手術に臨む必要があると考える[18]．本症例の術後成績は良好であり，７ヵ月経過した陳旧性の大胸筋断裂でも，断端が十分に引き出せる症例に対しては一次修復が可能であると考える．

謝　　辞

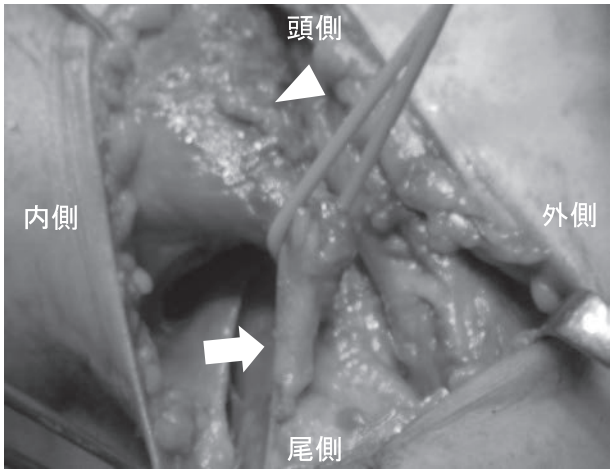
本論文執筆にあたっては，寒河江市立病院院長　後藤康夫先生にご指導いただきました．深謝申し上げます．

利 益 相 反

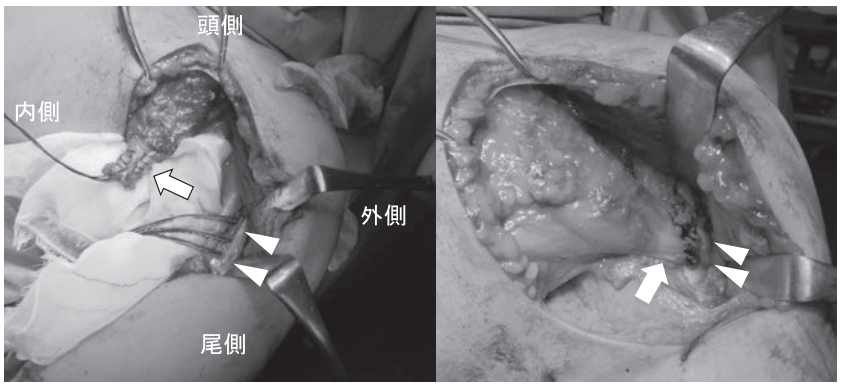
本論文に関して，開示すべき利益相反状態はない．

文　　献

1）村上忠誌ほか：鉄棒による大胸筋断裂の１例．東北整災外紀，35: 298-300, 1991.
2）Balazs GC et al: Incidence rate and results of the surgical treatment of pectoralis major tendon ruptures in active-duty military personnel. Am J Sports Med, 44: 1837-1843, 2016.
3）田村圭ほか：ベンチプレス中に生じた大胸筋断裂の１例．肩関節，42: 739-742, 2018.
4）佐々木淳也ほか：ウェイクボード中に受傷した大胸筋皮下断裂の１例．東北整災外会誌，58: 56-59, 2015.
5）Anbari A et al: Delayed repair of a ruptured pectoralis major muscle. A case report. Am J Sports Med, 28: 254-256, 2000.
6）Kretzler HH Jr et al: Rupture of the pectoralis ma-



a



b

図３　術中所見
a：大胸筋腱は大結節稜から完全に剥離し，上腕二頭筋筋膜に癒着していた.
矢印：大胸筋腱断端　矢頭：大胸筋筋腹.
b：大胸筋腱断端を Krackow suture し，大結節稜を新鮮化して縫合糸アンカーを３本挿入した.
矢印：大胸筋腱断端　矢頭：大結節稜.

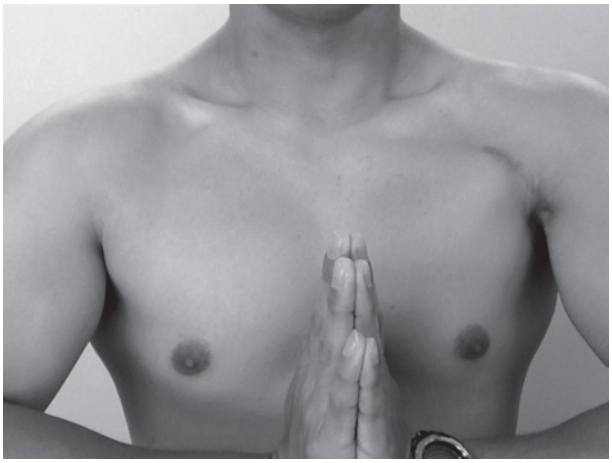


図４　術後視診
左腋窩の大胸筋レリーフは回復した.

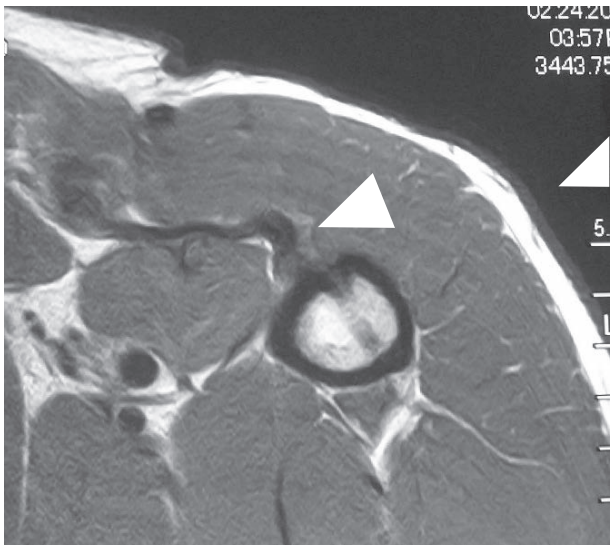


図５　術後１年の MRI T2 水平断
矢頭：大胸筋腱の連続性を認めた.

表２　術後２年のハンドヘルドダイナモメーターによる筋力評価

MicroFET2（N）	右	左
90° 外転	324	326
45° 外転	293	300
外旋	165	174
内旋	197	187

jor muscle. Am J Sports Med, 17: 453–458, 1989.
7）McEntire JE et al: Rupture of the pectoralis major muscle. A report of eleven injuries and review of fifty-six. J Bone Joint Surg Am, 54: 1040–1046, 1972.
8）渡部衛ほか：スポーツ外傷による大胸筋断裂に骨化を形成した 1 例．整外と災外，28: 135–139, 1985.
9）奥脇透：陳旧性大胸筋皮下断裂の一例．肩関節，20: 379–382, 1996.
10）Guity M et al: Surgical treatment of pectoralis major tendon rupture（outcome assessment）. Asian J Sports Med, 5: 129–135, 2014.
11）安井憲司ら：ベンチプレス中に発生した大胸筋皮下断裂の 1 例．JOSKAS, 39: 78–79, 2014.
12）Bak K et al: Rupture of the pectoralis major: a meta-analysis of 112 cases. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 8: 113–119, 2000.
13）Schepsis AA et al: Rupture of the pectoralis major muscle. Outcome after repair of acute and chronic injuries. Am J Sports Med, 28: 9–15, 2000.
14）Aärimaa V et al: Rupture of the pectoralis major muscle. Am J Sports Med, 32: 1256–1262, 2004.
15）Joseph TA et al: Delayed repair of a pectoralis major tendon rupture with allograft: a case report. J Shoulder Elbow Surg, 12: 101–104, 2003.
16）Zafra M et al: Chronic rupture of the pectoralis major muscle: report of two cases. Acta Orthop Belg, 71: 107–110, 2005.
17）Sikka RS et al: Reconstruction of the pectoralis major tendon with fascia lata allograft. Orthopedics, 28: 1199–1201, 2005.
18）貞升彩ほか：陳旧性大胸筋腱断裂の 1 例．東日整災外会誌，28: 166–170, 2016.

立位姿勢の胸部屈曲角度と投球動作時の胸部伸展の関連性

The Relationship between Thoracic Flexion Angle of Standing Posture and Thoracic Extension during Throwing Motion

安達　玄[1, 2] Gen Adachi
押川　智貴[1] Tomoki Oshikawa
阿久澤　弘[3] Hiroshi Akuzawa
金岡　恒治[3] Koji Kaneoka

●Key words
Thoracic flexion posture：Thoracic extension：Throwing injuries

●要旨
男性大学野球選手 19 名を対象とし，3 次元動作解析カメラを用いて立位姿勢の胸部屈曲角度および投球動作時の胸部伸展変化量を計測し，関連性を検討した．立位胸部屈曲角度は肩複合体最大外旋位を示す MER（$r=0.65$，$p<0.01$），ボールを投射する Ball release（$r=0.67$，$p<0.01$）時の胸部伸展変化量と有意な正の相関を認めた．これは立位姿勢の胸部屈曲角度が増加するほど，投球動作の MER, Ball release 時に胸部伸展変化量が増加したことを意味する．投球障害予防において，立位姿勢の胸部屈曲角度のみならず，実際の投球動作における胸部伸展の評価を合わせて検討する重要性が示唆された．

はじめに

野球において繰り返される投球に関連する肩または肘関節障害は発症率が高い[1]．理学所見に関連する投球による肩または肘関節障害の発症要因は複数報告されている[2~6]．例えば，肩関節水平内転可動域低下[2]，肩関節屈曲可動域低下[3]，肩関節第 2 肢位回旋可動域低下[2, 3]，棘上筋筋力低下[4]，scapular dyskinesis[5]，胸部後弯角度の増大[6] などがある．なかでも，立位姿勢における胸部後弯角度の増大は近年注目されている[6, 7]．実際の投球動作において，肩甲上腕関節，肩甲胸郭関節，体幹の複合した挙動が要求される[8, 9]．胸部後弯角度を増大させた胸部屈曲姿勢で肩複合体最大外旋位（以下 MER）を模倣した研究において，胸部屈曲姿勢は肩甲骨後傾・外旋，MER の減少，肩甲上腕関節水平外転増大を認めたことから，投球時の胸部伸展の減少は投球障害を惹起することが示唆された[10]．したがって，胸部伸展は投球障害予防において重要であると考えられる．

このため，胸部屈曲姿勢のような不良姿勢の矯正は重要な治療の位置付けとされ[11, 12]，エクササイズ介入により頭部前方突出，肩前方突出も含めた不良姿勢改善と肩または肘関節障害の改善が報告されている[7, 12]．しかし，これらの報告はいずれも立位姿勢の変化に着目しており，野球における実際の投球動作時に要求される胸部伸展動作との関連は明らかではない．動作中に観察されるダイナミックアライメントは筋収縮や他関節の肢位，重心位置や慣性力など，さまざまな要因による影響を反映した結果であることから，常に立位姿勢のようなスタティックアライメントを反映するとは限らない[13]．繰り返される投球により肩または肘関節障害が惹起されることから，実際の投球動作と立位姿勢の関連を明らかにする必要がある．本研究の目的は，立位姿勢の胸部屈曲角度と投球動作時の胸部伸展の関連性を明らかにすることである．本研究の仮説は，立位胸部屈曲角度と投球動作時の胸部伸展変化量は正の相関関係を示す，とした．

金岡恒治
〒 359-1192　所沢市三ヶ島 2-579-15
早稲田大学スポーツ科学学術院
TEL 04-2947-6958

1）早稲田大学スポーツ科学研究科
Graduate School of Sport Sciences, Waseda University
2）ベースボール＆スポーツクリニック
Baseball & Sports Clinic
3）早稲田大学スポーツ科学学術院
Faculty of Sport Sciences, Waseda University

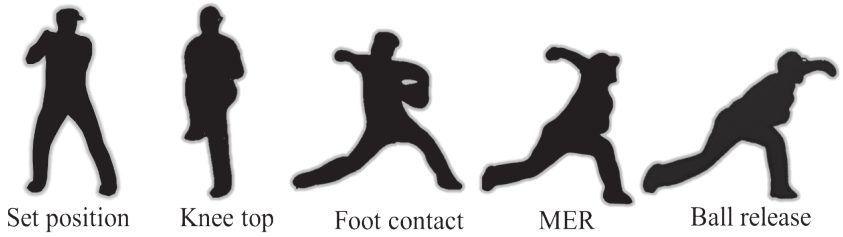


図１　投球フレーム
Set position：投球動作におけるグローブを構えたフレーム．Knee top：踏み込み脚の膝が最大挙上したフレーム．Foot contact：踏み込み脚の足部が地面に接地したフレーム．MER：肩複合体最大外旋位を示したフレーム．Ball release：ボールを投球方向に向かって投射したフレーム．

対象と方法

対象者

対象は大学野球選手の健常男性 19 名（年齢：20 ± 1 歳，身長：172.8 cm ± 6.5 cm，体重：67.1 kg ± 4.7 kg，野球競技歴：11 ± 3 年）であった．対象者の投球側は右投げ 15 名，左投げ 4 名であり，ポジションは投手 5 名，捕手 3 名，内野手 6 名，外野手 5 名であった．対象者の包含基準は投球動作計測時に肩または肘関節および腰部に疼痛がなく，全力投球を行なえる者とした．本実験は所属機関の「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施された．対象者へ研究の目的や実施内容，対象者の権利について説明を行なった後，本研究参加への同意を得た．

データ計測手順

立位姿勢および投球動作撮影は実験室内で行なわれた．撮影は 7 台の 3 次元動作解析カメラ（OQUS, Qualisys AB, Sweden）を用いて 200 Hz で行なった．ストレッチやキャッチボールなどのウォーミングアップ後，対象者の体表のランドマークおよび第 7 頸椎棘突起（C7），第 7 胸椎棘突起（Th7），第 12 胸椎棘突起（Th12）に直径 16 mm の赤外線反射マーカー（Qualisys AB, Sweden）を貼付した．

立位姿勢撮影はホーソン効果による姿勢の矯正の影響を少なくするために「つま先に 3 回触れて，腕を体側に位置させていつもと同じように立ってください」と対象者に指示[12]し，立位姿勢を 10 秒間保持して行なった．

投球動作撮影は 10 m 先の投球ネットに向かって，赤外線反射マーカーを貼付した野球ボール（軟式ボール A 号，MIZUNO 社製）を使用して全力投球を 5 回行なった．投球動作時の球速はネット側からスピードガン（スピードスター V，Bushnell 社製）を用いて計測し，最も球速の速かった試技を解析対象とした．

データ分析

Dillman ら[9]の報告にならい，投球動作を以下の 5 つのフレームに分類して解析した（図 1）．投球動作におけるグローブを構えた Set position，踏み込み脚の膝が最大挙上した Knee top，踏み込み脚の足部が地面に接地した Foot contact，肩複合体最大外旋位を示す MER，ボールを投球方向に向かって投射する Ball release の 5 つのフレームとした．なお，MER は Miyashita ら[14]の報告に準じて算出した（図 2）．

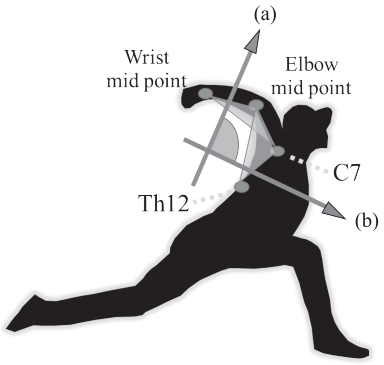


図２　肩複合体最大外旋位（MER）
橈骨茎状突起および尺骨茎状突起マーカーの中点，上腕骨内側上顆および外側上顆上腕マーカーの中点，C7 マーカーからなる平面の法線ベクトル（a）と，上腕骨内側上顆および外側上顆上腕マーカーの中点，C7，Th12 からなる平面の法線ベクトル（b）を算出した．この 2 つの法線ベクトルの内積を求め，その余弦から角度を算出し，MER と定義した．

各投球動作フレームの評価項目は胸部屈曲角度と胸部伸展変化量とした．胸部屈曲角度は Miyashita ら[14]や Kebaetse ら[15]の報告を参考に算出した[14, 15]（図 3）．また，胸部伸展変化量は Helen ら[16]の報告を参考に立位姿勢の胸部屈曲角度から各投球動作フレームの胸部屈曲角度を減算し，算出した．

統計解析は，立位姿勢の胸部屈曲角度と各投球動作フレーム時の胸部伸展変化量を Pearson の積率相関係数を用いて関連性を検討した．有意水準は 5% とした．

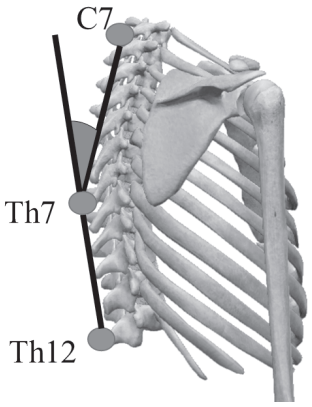


図３　胸部屈曲角度
C7 および Th7 マーカーと，Th7 および Th12 マーカーで形成される２本のベクトルのなす角を求め，180 度から減じることで算出した．

結　　果

立位姿勢の胸部屈曲角度と各投球動作フレームの胸部伸展変化量の相関を表１に示す．

立位姿勢の胸部後弯角度は 21.1 ± 4.5 度であった．胸部伸展変化量は Set position －2.5 ± 3.1 度，Knee top 0.5 ± 3.7 度，Foot contact 0.4 ± 5.2 度，MER 13.3. ± 5.3 度，Ball release 9.5 ± 4.8 度であった（図４）．立位姿勢の胸部屈曲角度は MER（r = 0.65，p < 0.01），Ball release（r = 0.67，p < 0.01）時の胸部伸展変化量と有意な正の相関を認めた一方（図 5, 6），Set position（r = 0.39，p = 0.09），Knee top（r = 0.43，p = 0.07），Foot contact（r = 0.41，p = 0.07）時の胸部伸展変化量と有意な相関を認めなかった．

考　　察

本研究の目的は，立位姿勢の胸部屈曲角度と投球動作時の胸部伸展の関連性を明らかにすることであった．本研究の結果，立位胸部屈曲角度と MER および Ball release における胸部伸展変化量に有意な正の相関を示した．これは立位姿勢における胸部屈曲角度が増加するほど，投球動作の MER, Ball release 時に胸部伸展変化量が増加したことを意味する．

投球動作において肩および肘関節に加わる負荷は Foot contact 以降に増大する[8]．また，MER は肩甲上腕関節外旋のみならず，胸部伸展や肩甲骨後傾が組み合わさった挙動であり[14]，MER における胸部伸展の増大は肩または肘関節への負荷を減少させると報告されている[17]．胸部屈曲角度の増大は肩甲骨外旋・後傾運動を制限する[15, 18]．投球動作中の肩甲骨運動が制限されることで，肩甲上腕関節の接触圧が増大し[19]インピンジメントによる肩関節障害が惹起され，遠位関節の肘関節においては外反負荷が増大する[20]ことで肘関節障害が惹起される．Foot contact 以降の胸部伸展は現場で表現される「腕をしならせる，身体をしならせる」動作を遂行する上で必要であり，障害予防の観点からも重要であると考えられる（図 4）．障害予防，改善において立位姿勢に着目した先行研究は頭部前方突出，肩前方突出，胸部屈曲姿勢のような不良姿勢の改善と肩または肘関節障害の改善を報告しており，不良姿勢の改善を推奨している[7, 12]．

しかし，いずれの先行研究も立位姿勢の変化に着目しており，野球における実際の投球動作時に要求される胸部伸展動作との関連は明らかではなかった．前述のように，動作中に観察されるダイナミックアライメントは，常に立位姿勢のようなスタティックアライメントを反映するとは限らない[13]．そこでわれわれは，立位胸部屈曲角度と投球動作時の胸部伸展変化量は正の相関関係を示す，という仮説を立てた．本研究の結果は立位胸部屈曲角度が増加するほど，投球動作の MER, Ball release 時の胸部伸展変化量が増加していた（図 5, 6）．この結果は投球による肩または肘関節障害予防において，立位姿勢における胸部屈曲角度の評価のみならず，実際の投球動作における胸部伸展の評価を合わせて検討することの重要性を示唆する．仮に立位姿勢の胸部屈曲角度は増加を認め，同時に投球動作時の MER, Ball release における胸部伸展変化量は減少を認める場合，投球による肩または肘関節への負荷が増大し投球障害発症リスクが高くなる可能性がある．そのため，野球選手は Foot contact 以降の胸部伸展を確保するための胸筋群，腹筋群の柔軟性，肩甲帯，体幹筋機能が投球障害予防に重要であると考える．

本研究の限界は３点ある．１点目は健常な男性大学野球選手を対象としたことである．本研究の結果は女性野球選手やその他の年代の野球選手，肩または肘関節障害を有する野球選手では異なる可能性がある．したがって，本研究では投球障害予防につながるかどうかまでは不明である．２点目は皮膚上における胸部屈曲角度の計測であったことである．皮膚上から反射マーカーを貼付し，胸部屈曲角度を計測したため，投球動作中の筋の膨

表１　立位姿勢の胸部後弯角度と各投球動作フレームの胸部伸展変化量の相関

Flame	Set position	Knee top	Foot contact	MER	Ball release
胸部伸展変化量（度）	−2.5 ± 3.0	0.5 ± 3.7	0.4 ± 5.2	13.3 ± 5.3	9.5 ± 4.8
相関係数（r）	0.399	0.431	0.419	0.653	0.676
p 値	0.091	0.066	0.074	0.002	0.001

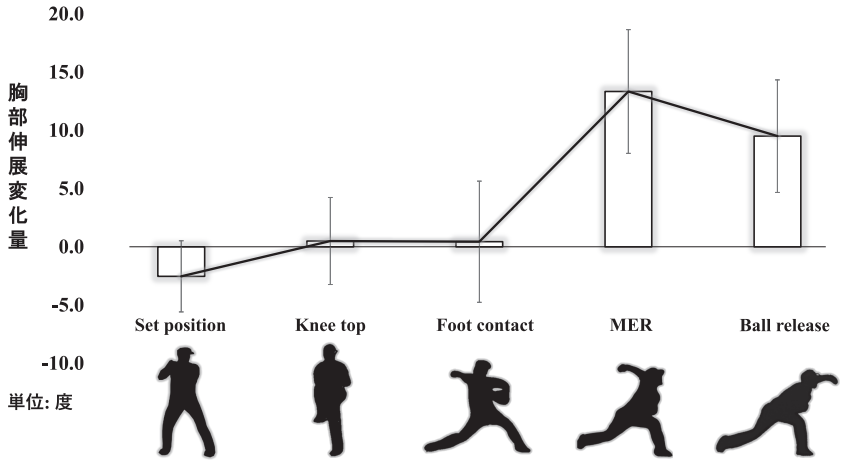


図４　各投球動作フレームにおける胸部伸展変化量
Foot contact から MER にかけて胸部伸展変化量は増大し，MER から Ball release にかけて胸部屈曲運動を行なっている．

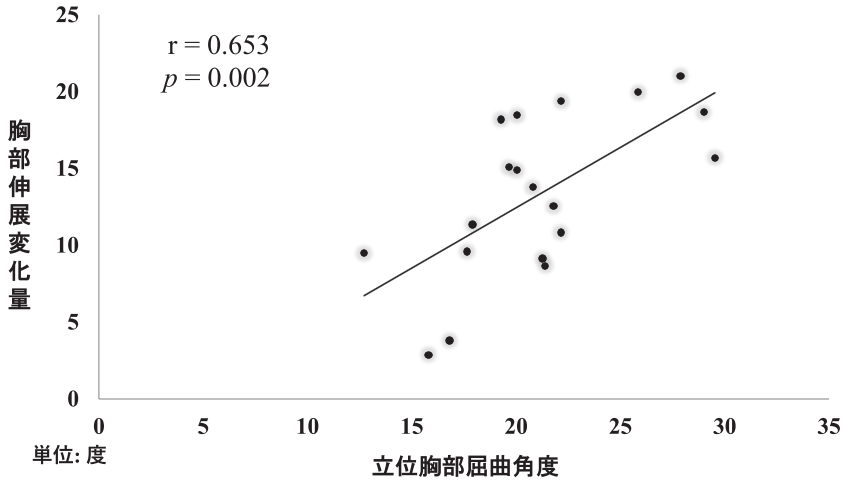


図５　立位胸部屈曲角度と MER 時の胸部伸展変化量の相関

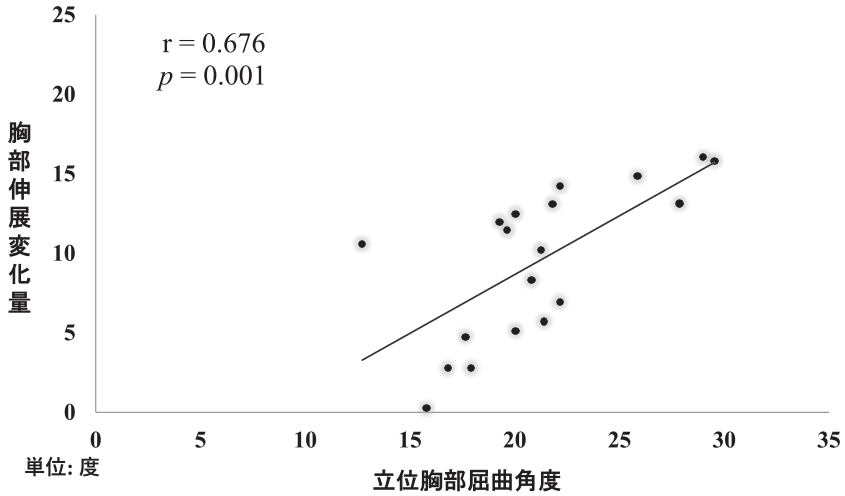


図６　立位胸部屈曲角度と Ball release 時の胸部伸展変化量の相関

隆や皮膚の牽引により反射マーカーの座標値に誤差が生じた可能性がある．詳細な胸部屈曲角度の計測には矢状面 X 線画像が有効であると考えられるが，投球動作時における X 線撮影は困難であるため，本研究の目的を達成する上で 3 次元動作解析装置による検討は妥当であったと考える．3 点目は，連続投球による影響を考慮しなかったことである．本研究は全力投球を 5 球行なったが，連続投球により投球動作時の胸部伸展変化量は変

化する可能性がある．

結　　語

立位姿勢の胸部屈曲角度と投球動作時の胸部伸展の関連性を検討した．立位胸部屈曲角度と投球動作の MER, Ball release 時の胸部伸展変化量に正の相関関係を認めた．本結果より，立位姿勢の胸部屈曲角度のみならず，実際の投球動作における胸部伸展の評価を合わせて検討する重要性が示唆された．

文　　献

1）Saper MG et al: Epidemiology of shoulder and elbow injuries among united states high school baseball players: school years 2005–2006 through 2014–2015. Am J Sports Med, 46: 37–43, 2018.
2）Shanley E et al: Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. Am J Sports Med, 39: 1997–2006, 2011.
3）Camp CL et al: Decreased shoulder external rotation and flexion are greater predictors of injury than internal rotation deficits: analysis of 132 pitcher–seasons in professional baseball. Arthroscopy, 33: 1629–1636, 2017.
4）Trakis JE et al: Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing–related pain: implications for injury prevention. Am J Sports Med, 36: 2173–2178, 2008.
5）Hickey D et al: Scapular dyskinesis increases the risk of future shoulder pain by 43% in asymptomatic athletes: a systematic review and meta–analysis. Br J Sports Med, 52: 102–110, 2018.
6）Sakata J et al: Physical risk factors for a medial elbow injury in junior baseball players: a prospective cohort study of 353 players. Am J Sports Med, 45: 135–143, 2017.
7）Sakata J et al: Throwing injuries in youth baseball players: can a prevention program help? a randomized controlled trial. Am J Sports Med, 47: 2709–2716, 2019.
8）Fleisig GS et al: Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med, 23: 233–239, 1995.
9）Dillman CJ et al: Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. J Orthop Sports Phys Ther, 18: 402–408, 1993.
10）Suzuki Y et al: Influence of thoracic posture on scapulothoracic and glenohumeral motions during eccentric shoulder external rotation. Gait Posture, 67: 207–212, 2019.
11）McLean L: The effect of postural correction on muscle activation amplitudes recorded from the cervicobrachial region. J Electromyogr Kinesiol, 15: 527–535, 2005.
12）Lynch SS et al: The effects of an exercise intervention on forward head and rounded shoulder postures in elite swimmers. Br J Sports Med, 44: 376–381, 2010.
13）井尻朋人ほか：体幹アライメントが投球時の肩関節運動に与える影響．体力科学，58: 73–80, 2009.
14）Miyashita K et al: Glenohumeral, scapular, and thoracic angles at maximum shoulder external rotation in throwing. Am J Sports Med, 38: 363–368, 2010.
15）Kebaetse M et al: Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three–dimensional scapular kinematics. Arch Phys Med Rehabil, 80: 945–950, 1999.
16）Helen L et al: Clinical assessment of subacromial shoulder impingement—Which factors differ from the asymptomatic population? Musculoskeletal Science and Practice, 27: 49–56, 2017.
17）Tanaka H et al: The effect of thoracic spine kinematics on shoulder and elbow joint load during baseball pitching in youth baseball pitchers. Orthopaedic Research Society 2018 Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, March 10–13, Poster No2171, 2018.
18）Finley MA et al: Effect of sitting posture on 3–dimensional scapular kinematics measured by skin–mounted electromagnetic tracking sensors. Arch Phys Med Rehabil, 84: 563–568, 2003.
19）Mihata T et al: Effect of scapular orientation on shoulder internal impingement in a cadaveric model of the cocking phase of throwing. J Bone Joint Surg Am, 94: 1576–1583, 2012.
20）Itami Y et al: Effect of increased scapular internal rotation on glenohumeral external rotation and elbow valgus load in the late cocking phase of throwing motion. Am J Sports Med, 46: 3182–3188, 2018.

前十字靱帯再建患者の術前心理状態と術後６ヵ月の主観的膝関節機能の関連性

The Influence of Pre-operative Psychological State on the Subjective Knee Function at 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

仙石　拓也[1)]　Takuya Sengoku
下﨑　研吾[2)]　Kengo Shimozaki
吉水　陸人[2)]　Rikuto Yoshimizu
中瀬　順介[2)]　Junsuke Nakase
浅井　一希[2)]　Kazuki Asai
土屋　弘行[2)]　Hiroyuki Tsuchiya

●Key words
ACL 損傷，スポーツ復帰，心理状態

●要旨
目的：前十字靱帯再建患者の術前心理状態が術後６ヵ月時の主観的膝関節機能とスポーツ復帰に影響を与えるか検討した．
方法：前十字靱帯再建術を行なった 73 名を対象に Profile of Mood States 2nd Edition（POMS2）を実施し，ネガティブ群とポジティブ群の２群に分け，術前および術後６ヵ月の主観的膝関節機能を比較した．また，術後６ヵ月時のスポーツ復帰についても比較した．
結果：術後６ヵ月の主観的膝関節機能，スポーツ復帰は２群間に有意差は認めなかった．
結論：術前の心理状態は術後６ヵ月の主観的膝関節機能やスポーツ復帰に関連しないことが示唆された．

はじめに

前十字靱帯（anterior cruciate ligament; ACL）損傷は，スポーツの現場で頻発する膝関節外傷である[1)]．ACL 損傷を受傷したスポーツ選手の多くは，膝関節機能の改善を目的に ACL 再建術を受ける[2)]．しかし，競技レベルの選手が ACL 再建術後に術前レベル以上の状態でスポーツ復帰できたのは全体の 55%[3)] と低い結果が示されている．ACL 再建術後のスポーツ復帰に関連する要因としては，性別[4, 5)]，年齢[4)]，膝関節機能[6)]，スポーツレベル[3, 7)]，心理的要因[6, 8)] などさまざまなものがあげられている．近年では，特に心理的要因がスポーツ復帰を予測する最も重要な因子の一つとされ[9)]，スポーツ復帰には良好な心理状態が重要であると報告されている[5, 6)]．しかし，これまで行なわれてきたスポーツ復帰と心理状態の関連を示した研究の多くは，スポーツ復帰時の心理状態を評価したものであり，術前の心理状態とその後のスポーツ復帰や膝関節機能の関連を示した報告は少ない．

一方で，Profile of Mood States 2nd Edition（POMS2）は，比較的長く続く感情状態のみならず，揺れ動く一過性の心理状態を素早く評価することができる検査であり，５つのネガティブ項目【怒り―敵意（AH），混乱―当惑（CB），抑うつ―落ち込み（DD），疲労―無気力（FI），緊張―不安（TA）】と２つのポジティブ項目【活気―活力（VA），友好（F）】から構成される．また，【５つのネガティブ項目】から【VA】を差し引いた点数を総合的気分状態（TMD）として算出される．これらの結果は 50 点を平均値とし，ネガティブ項目および TMD は点数が低いほど，ポジティブ項目は点数が高いほど良好な心理状態と解釈される[10)]．

本研究の目的は，術前の POMS2 による心理的要因が術後６ヵ月の主観的膝関節機能やスポーツ復帰に影響を

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

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

与えるかを検討することとした.

方　　法

対象は 2015 年から 2018 年に当院を含む石川県内の 2 つの病院で ACL 再建術を施行され，Tegner Activity Level Scale（TAS）6 以上であった 73 名（男性：29 名，女性：44 名）とした．対象者には統一した説明用紙を用いて本研究の趣旨を説明し，術前の心理状態の評価に POMS2，主観的膝関節機能の評価に International Knee Documentation Committee（IKDC）subjective score を実施した．また，術後のリハビリテーションは術後プログラムに沿って実施され，プログラム内容には心理的アプローチは含まなかった．術後 6 ヵ月の評価には，POMS2，IKDC subjective score，自覚的スポーツ復帰度，スポーツ復帰の評価を行なった．自覚的スポーツ復帰度は，選手自身に受傷前を 100％として 6 ヵ月時点で，0〜100％のどれくらいの割合でスポーツを行なえているかを尋ねた．また，スポーツ復帰の基準は，練習試合に参加できていることとした.

術前の POMS2 の結果より，TMD51 点未満のポジティブ群 52 名（男性：20 名，女性：32 名）と TMD51 点以上のネガティブ群 21 名（男性：9 名，女性：12 名）の 2 群に分けて各項目の比較を行なった．統計学的検討には JMPver. 10 を使用した．基本的情報（性別，平均年齢，身長，体重，TAS），POMS2 の TMD，IKDC subjective score，自覚的スポーツ復帰度の比較に対応のない t 検定を用い，性別，スポーツ復帰には χ^2 検定を用いた．また，有意水準 5％未満を統計学的有意差とみなした.

本研究は金沢大学医学倫理審査委員会の承認を得て行なった（承認番号：2015-058）.

結　　果

基本的情報は 2 群間で統計学的有意差を認めなかった（表 1）．術前の TMD および IKDC subjective score に統計学的有意差を認めたが，術後 6 ヵ月の IKDC subjective score，自覚的スポーツ復帰度，スポーツ復帰には統計学的有意差を認めなかった（表 2）.

術後 6 ヵ月の TMD は統計学的有意差を認めたが，両群とも平均値である 50 点を下回り，心理状態はポジティブに傾いていた（表 3）．また，FI および VA は統計学的有意差を認めなかった（表 3）.

表 1　基本的情報

	ネガティブ群	ポジティブ群	p 値
性別（男：女）	9：12	20：32	0.85
平均年齢（歳）	20.3± 9.9	22.7±10.7	0.37
平均身長（cm）	168.0± 8.9	165.3± 8.7	0.24
平均体重（kg）	60.4±11.6	61.6±13.1	0.70
TAS	7.6± 1.2	7.5± 1.2	0.82

表 2　術前，術後 6 ヵ月の膝関節機能およびスポーツ復帰

	ネガティブ群	ポジティブ群	p 値
術前			
IKDC（点）	48.7±15.1	62.0±13.5	＜0.01
術後 6 ヵ月			
IKDC（点）	78.0±15.1	79.6±13.5	0.66
自覚的復帰度（％）	62.9±28.1	58.9±25.8	0.57
スポーツ復帰	10/21	16/52	0.17

表 3　POMS2 の結果

項目	ネガティブ群	ポジティブ群	p 値
術前			
AH	52.4± 9.6	40.1± 4.1	＜0.01
CB	59.8± 5.4	44.0± 5.5	＜0.01
DD	62.9± 8.9	45.3± 4.3	＜0.01
FI	51.9± 8.2	40.5± 5.6	＜0.01
TA	60.5± 7.2	44.1± 6.3	＜0.01
VA	42.3± 9.5	49.7±10.9	＜0.01
TMD	59.9± 5.4	42.4± 4.8	＜0.01
F	50.6±11.0	54.9± 8.8	0.08
術後 6 ヵ月			
AH	45.3± 7.5	41.5± 5.1	＜0.02
CB	47.3± 6.8	43.1± 6.5	＜0.02
DD	50.9± 8.5	43.4± 4.6	＜0.01
FI	43.0± 8.1	40.8± 7.0	0.26
TA	48.4±10.4	42.0± 6.7	＜0.01
VA	50.4±10.7	53.3±10.8	0.31
TMD	46.8± 8.1	40.8± 5.7	＜0.01
F	53.3±11.0	56.3±10.7	0.3

考　　察

本研究結果より，術前にネガティブである者は術前の主観的膝関節機能が有意に低下していた．しかし，術後 6 ヵ月時のスポーツ復帰は 2 群間に統計学的有意差を認めなかった.

2 群間のスポーツ復帰に差がなかった要因として，心理状態および主観的膝関節機能が改善していたことが考えられる．TMD は術後 6 ヵ月時にも統計学的有意差を認めたが，両群ともに平均値といわれる 50 点未満であったことから，ポジティブな心理状態へと変化していることが示された．また，IKDC subjective score は術後 6 ヵ月には両群とも改善し統計学的有意差を認めなかった．この結果から，術後 6 ヵ月と術前の主観的膝関節機能は，関連性が低いと考えられた．先行研究では，スポーツ復帰をできた者はスポーツ復帰時の心理状態が整っており[6, 9, 11]，主観的膝関節機能も良好である[6, 12]と報告されている．本研究では，術後 6 ヵ月の 2 群間の心理状態，主観的膝関節機能，自覚的スポーツ復帰度やスポーツ復帰に有意差を認めなかったことから，術前の心

理状態がネガティブであることは，術後6ヵ月のスポーツ復帰に影響しないことが示唆された．臨床の場面において，術前にネガティブな心理状態を示す選手が多い中，本研究結果は有益な情報になると考えられる．

また，IKDC subjective score は術後6ヵ月までの改善が重要であると報告されている[13]．本研究では，両群とも術後6ヵ月時に IKDC subjective score が 70 点台となり有意な改善を認めた．この結果は，先行研究と類似した回復過程であることから，両群ともに主観的膝関節機能は良好な経過を辿ったと考えられた．しかし，6ヵ月時の主観的膝関節機能はスポーツ復帰するには不十分であり，両群ともにスポーツ復帰率は低かった．

本研究では，心理状態や主観的膝関節機能を評価しており，膝関節筋力や hop test などの客観的評価との関連については不明である．先行研究では，スポーツ復帰している者の 75％がスポーツ復帰の基準となる客観的指標を満たしていない[14]とも報告されており，今後は主観的評価と客観的評価の関連についても明確にしていく必要があると考える．

結　　語

術前の心理状態は，術後6ヵ月の主観的膝関節機能やスポーツ復帰に影響しないことが示唆された．

文　　献

1）Gianotti SM et al: Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. J Sci Med Sport, 12: 622-627, 2009.
2）Swirtun LR et al: Who chooses anterior cruciate ligament reconstruction and why? A 2-year prospective study. Scand J Med Sci Sports, 16: 441-446, 2006.
3）Ardern CL et al: Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. Br J Sports Med, 48: 1543-1552, 2014.
4）Webster KE et al: Return to level I sports after anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation of age, sex, and readiness to return criteria. Orthop J Sports Med, 6: 2325967118788045, 2018.
5）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.
6）Ardern CL et al: The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. Br J Sports Med, 48: 1613-1619, 2014.
7）Lai CCH et al: Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. Br J Sports Med, 52: 128-138, 2018.
8）Ardern CL et al: Sports participation 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes who had not returned to sport at 1 year: a prospective follow-up of physical function and psychological factors in 122 athletes. Am J Sports Med, 43: 848-856, 2015.
9）Webster KE et al: Factors associated with a return to preinjury level of sport performance after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. Am J Sports Med, 47: 2557-2562, 2019.
10）Heuchert JP et al: Profile of Mood States Second Edition POMS2 日本語版マニュアル．金子書房，東京: 11-12, 2015.
11）Beischer S et al: How is psychological outcome related to knee function and return to sport among adolescent athletes after anterior cruciate ligament reconstruction? Am J Sports Med, 47: 1567-1575, 2019.
12）Lentz TA et al: Return to preinjury sports participation following anterior cruciate ligament reconstruction: contributions of demographic, knee impairment, and self-report measures. J Orthop Sports Phys Ther, 42: 893-901, 2012.
13）Agarwalla A et al: Timeline for maximal subjective outcome improvement after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 47: 2501-2509, 2019.
14）Grindem H et al: Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. Br J Sports Med, 50: 804-808, 2016.

異なる前腕屈曲筋群トレーニングが肘外反ストレス下内側関節裂隙開大距離に与える影響について

Effects of Forearm Flexors Training and Forearm Pronation Training on the Medial Interval of Elbow Under Valgus Stress

安本　慎也[1)]　Shinya Yasumoto
柳田　育久[1)]　Ikuhisa Yanagida
大槻　伸吾[2)]　Shingo Otsuki
大久保　衞[1)]　Mamoru Okubo

●Key words
前腕屈曲回内筋群，トレーニング，肘内側関節裂隙開大距離

●要旨
前腕屈筋群は，投球時に生じる肘外反ストレスに対するダイナミックスタビライザーとして機能していると報告されている．本研究では前腕回内筋と手指屈曲筋のトレーニングにより肘外反ストレス下での内側関節裂隙開大距離（SEMI）に変化が生じるか検討した．各筋の収縮でSEMIが制御されることを確認した後に，2群に各筋のトレーニングを割付け，実施させた．トレーニング前，直後，トレーニング30分後の3回，超音波画像診断装置を用いてSEMIを測定した．いずれの群も直後，30分後ともSEMIは減少していたが，2群間に交互作用は認められなかった．今回用いたトレーニングは肘関節外反制御に有効である可能性が示唆された．

はじめに

野球選手の選手生命を左右する疾患の一つに肘内側側副靱帯（以下MCL）損傷がある．その障害予防として下肢・体幹機能，肩甲胸郭機能，前腕屈筋群に対するトレーニングが一般的に行なわれている．投球時に生じる肘外反ストレスはMCLの破綻強度をはるかに超えており[1, 2)]，肘外反ストレスを制御するには前腕屈筋群の中でも特に円回内筋（以下PT），橈側手根屈筋（以下FCR），浅指屈筋（以下FDS），尺側手根屈筋（以下FCU）などによるダイナミックスタビライザーとしての機能が重要であると考えられている[3)]．Davidsonらは，肘関節のどの屈曲角度でも前斜走線維（以下AOL）と走行が一致したFCUと，30～90°の角度で一致したFDSが主要な役割を果たしていると報告している[4)]．またOtoshiらの研究では，PTの尺骨頭の筋収縮は腕尺関節を動的に制御する可能性があるとしている[5)]．一方で，太田らの前腕屈曲回内筋群のトレーニング効果についての研究では，トレーニング前後で肘内側関節裂隙開大距離に有意差を認めなかったと述べられている[6)]．

そこで本研究は，前腕屈筋群がSEMIに与える効果を確認し，それらの筋におけるトレーニングの肘外反ストレス制御効果を比較検討することを目的とした．

対　　象

対象は野球経験のある一般成人男性30名30肘（全例投球側），（平均年齢21.7±4.1歳）であった．

調査時で投球時に肘痛を有する者，肘関節に手術歴のある者は対象から除外した．対象には事前に研究の背景や目的などを説明し，書面による同意を得た．

方　　法

対象を無作為に15名ずつの2群に分け，1群は前腕回内筋トレーニングを実施する群（以下，前腕回内筋群），もう1群は手指屈曲筋トレーニングを実施する群

安本慎也
〒542-0086　大阪市中央区西心斎橋1-10-28
心斎橋Mビル2階
医療法人貴島会ダイナミックスポーツ医学研究所
TEL 06-6226-8846

1）医療法人貴島会ダイナミックスポーツ医学研究所
Dynamic Sports Medicine Institute
2）大阪産業大学スポーツ健康学部スポーツ健康学科
Faculty of Sport and Health Sciences, Osaka Sangyo University

（以下，手指屈曲筋群）とした．

トレーニング実施前に前腕回内筋および手指屈曲筋の等尺性収縮が SEMI へ与える影響について確認するため，前腕回内筋群では前腕回内筋を等尺性収縮させ，その前後で SEMI を測定した．同じく手指屈曲筋群では手指屈曲筋を等尺性収縮させ，その前後で SEMI を測定した．

その後各群トレーニングを実施し，トレーニング効果を比較検討するため，全例にトレーニング前，トレーニング直後，30 分後に SEMI の測定を行なった．各測定方法は以下に表す．

1．肘内側関節裂隙開大距離の測定方法（図 1）

超音波画像診断装置（日立メディコ社製）を用い，仰臥位で肩関節外転 90° 最大外旋位，肘関節 90°，前腕中間位で前腕以遠の自重負荷による外反ストレスが肘にかかる Gravity stress Test に準じた肢位で行なった．

プローブは上腕骨内側上顆に配置し，前腕の長軸に対して約 30° 傾け，上腕骨内側上顆と尺骨鉤状突起を描出して無エコー領域として捉えられる肘内側関節裂隙の最大距離を計測した[7]．なお，検者間の誤差を除外するために同一検者が全ての計測を行なった．本研究の検者内信頼性は ICC（1,1）＝0.880，ICC（1,3）＝0.956 であり，先行研究における信頼性と比較しても遜色ないものであった[8]．

2．前腕回内筋および手指屈曲筋の等尺性収縮について（図 2）

Otoshi ら[8] の方法を一部改変し，前腕回内筋等尺性収縮下での SEMI 測定方法としては，Gravity stress Test の肢位から重力負荷に抵抗して前腕最大回内位をとらせることで前腕回内筋を等尺性収縮させ，その位置で SEMI を測定した．手指屈曲筋等尺性収縮下における測定は，Gravity stress Test の肢位からゴムボールを把持し，第 2, 3, 4 指 PIP 関節屈曲させることにより手指屈曲筋を等尺性収縮させ，その位置で SEMI を測定した．

その後，Gravity stress Test 時の SEMI と前腕回内筋および手指屈曲筋それぞれの等尺性収縮時の SEMI を比較検討した．

3．前腕回内筋トレーニングおよび手指屈曲筋トレーニングの実施（図 3）

前腕回内筋群では Thera-Band Blue を用い，直立位，肘関節 90° 屈曲位で前腕回外位から最大回内を 3 秒静止 20 回×3 セットを実施させた．手指屈曲筋群は，事前に運動負荷統一のため筋力計ミュータス（アニマ社製）を用い 80～100 Nm の力で 2, 3, 4 指 MP 関節屈曲位での PIP 関節屈曲運動を繰り返し行なわせた．その後 Love-a-Ball（J-サーキット株式会社製）をおおよそ 80～100 Nm の力で，2, 3, 4 指 MP 関節屈曲位での PIP 関節屈曲運動を 3 秒静止 20 回×3 セット実施させた．

SEMI の測定は，方法 1. の測定方法に従い，トレーニング実施前，トレーニング終了直後とトレーニング終了 30 分後の SEMI を測定した．

4．統計

統計学的分析には統計解析ソフト SPSS Ver22 を使用した．前腕回内筋および手指屈曲筋の等尺性収縮による SEMI への影響については Mann-Whitney の *U* 検定を用いて検討し，トレーニング前後の SEMI の影響については期間要因と種目要因の繰り返しのある二元配置分散分析を用いて検定を行なった．両者とも有意水準は 5% 未満とした．

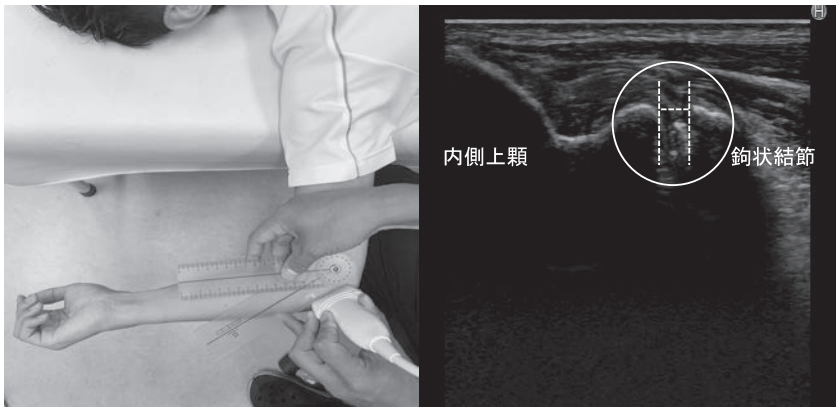


図 1　肘内側関節裂隙開大距離の測定方法
仰臥位で肩関節外転 90° 最大外旋位，肘関節 90°，前腕中間位で前腕以遠の自重負荷による外反ストレスが肘にかかる Gravity stress Test に準じた肢位で行なった．
プローブは上腕骨内側上顆に配置し，前腕の長軸に対して約 30° 傾け，上腕骨内側上顆と尺骨鉤状突起を描出して無エコー領域として捉えられる肘内側関節裂隙の最大距離を計測した．

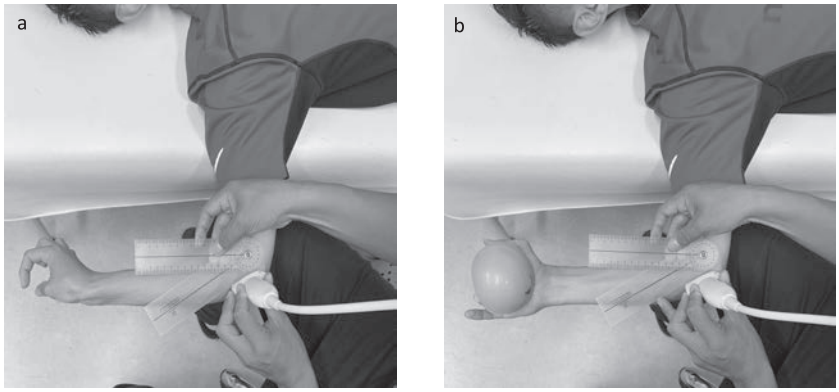


図２　前腕回内筋および手指屈曲筋の等尺性収縮について
a：前腕回内筋等尺性収縮下での SEMI 測定方法
Gravity stress Test の肢位から重力負荷に抵抗して前腕最大回内位をとらせることで前腕回内筋を等尺性収縮させ，その位置で SEMI を測定.
b：手指屈曲筋等尺性収縮下における測定方法
Gravity stress Test の肢位からゴムボールを把持し，第 2, 3, 4 指 PIP 関節屈曲させることにより手指屈曲筋を等尺性収縮させ，その位置で SEMI を測定.

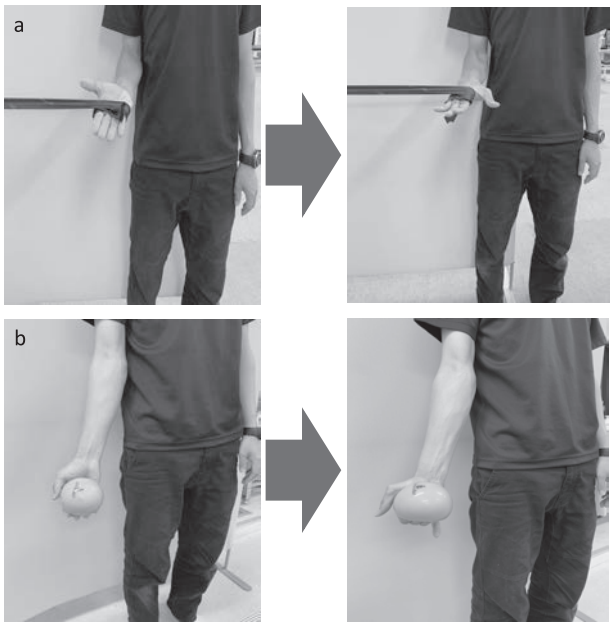


図３　前腕回内筋トレーニングおよび手指屈曲筋トレーニングの実施
a：前腕回内筋群：Thera-Band Blue を用い，直立位，肘関節 90° 屈曲位で前腕回外位から最大回内を 3 秒静止 20 回×3 セット.
b：手指屈曲筋群：Love-a-Ball（J-サーキット株式会社製）をおおよそ 80～100 Nm の力で，2, 3, 4 指 MP 関節屈曲位での PIP 関節屈曲運動を 3 秒静止 20 回×3 セット.

結　　果

前腕回内筋群および手指屈曲筋群の等尺性収縮前後の SEMI 平均値（mean）と標準偏差（SD）を図 4 に示した．前腕回内筋，手指屈曲筋ともに等尺性収縮により SEMI は減少し（前腕回内筋群は Gravity stress Test 時 4.5 mm ± 0.9 mm，等尺性収縮時 3.3 mm ± 0.5 mm，手指屈曲筋群では Gravity stress Test 時 4.8 mm ± 0.8 mm，等尺性収縮時 3.6 mm ± 0.7 mm），その差は有意であった．（$P<0.01$）．前腕回内筋群および手指屈曲筋群におけるトレーニング前後の SEMI（mean ± SD）は，前腕回内筋群はトレーニング前 4.5 mm ± 0.9 mm，直後 4.1 mm ± 0.9 mm，30 分後 4.2 mm ± 1.0 mm，手指屈曲筋群でトレーニング前 4.8 mm ± 0.8 mm，直後 4.3 mm ± 0.7 mm，30 分後 4.4 mm ± 0.7 mm となり，前腕回内筋群および手指屈曲筋群ともに主効果を認めた（$P<0.01$）（図 5）．しかし 2 群間に交互作用は認めなかった（$P>0.05$）．

考　　察

本研究で前腕回内筋および手指屈曲筋の等尺性収縮が SEMI に与える影響について比較検討した結果，これらの等尺性収縮は SEMI を狭小化させる可能性が示唆された．この結果は Otoshi らの報告と一致しており，前腕回内筋および手指屈曲筋は肘外反ストレスに対するダイナミックスタビライザーとしての機能を有することが考えられる．肘外反ストレスに対する前腕屈筋群の研究は多数報告されており，星加ら[9]の解剖学的研究では PT および FDS は共通腱膜を有し，最深層の関節包と結合して腕尺関節を連結していたと報告している．また PT，FCR，FDS は動的に関節裂隙を減少させる作用があると言われており[8]，Udall ら[10]は FDS が前腕屈筋群

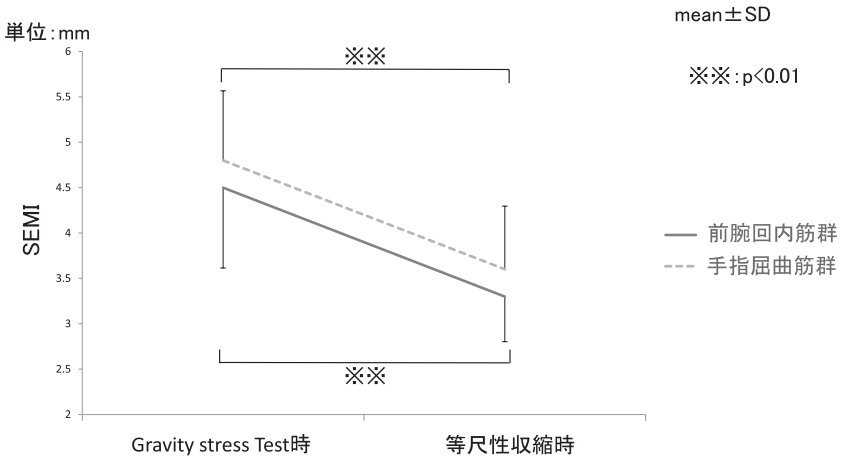


図４　前腕回内筋群および手指屈曲筋群の等尺性収縮前後の SEMI（mean±SD）
前腕回内筋，手指屈曲筋ともに等尺性収縮により SEMI は減少し（前腕回内筋群は Gravity stress Test 時 4.5 mm±0.9 mm，等尺性収縮時 3.3 mm±0.5 mm，手指屈曲筋群では Gravity stress Test 時 4.8 mm±0.8 mm，等尺性収縮時 3.6 mm±0.7 mm），その差は有意であった（$P<0.01$）．

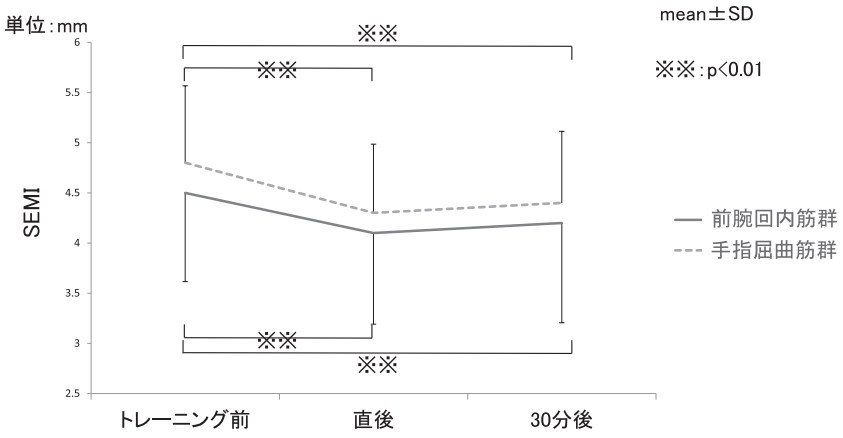


図５　前腕回内筋群および手指屈曲筋群におけるトレーニング前後の SEMI（mean±SD）
前腕回内筋群はトレーニング前 4.5 mm±0.9 mm，直後 4.1 mm±0.9 mm，30 分後 4.2 mm±1.0 mm，手指屈曲筋群でトレーニング前 4.8 mm±0.8 mm，直後 4.3 mm±0.7 mm，30 分後 4.4 mm±0.7 mm となり，前腕回内筋群および手指屈曲筋群ともに主効果を認めた（$P<0.01$）．しかし２群間に交互作用は認めなかった（$P>0.05$）．

の中で最も内側支持機構として寄与していると述べている．PT の上腕頭側は内側上顆と内側筋間中隔から起始し，FDS は内側上顆と AOL から直接筋線維が起始しており，両者とも腕尺関節を超えて関節包に付着している．さらに PT と FDS は AOL の前方で靱帯様の共同腱（前方共同腱：以下 ACT）の形成に関与し，ACT は内側上顆に付着して腕尺関節を超えて内側関節包に付着する[5]．以上のことから，これらの筋は等尺性収縮させることで関節包を引っ張り，肘の内反トルクを発生させる可能性がある．その影響で SEMI の狭小化が生じることが考えられるため，前腕屈筋群は肘外反ストレスに対する抵抗因子になることが予想される．

次に，異なる前腕屈筋群トレーニングが SEMI に与える影響について比較検討した結果，前腕回内筋および手指屈曲筋トレーニング直後および 30 分後においては SEMI を狭小化させていたことから，これらのトレーニングは肘関節外反制御に有効である可能性が示唆された．この結果から前腕回内筋および手指屈曲筋などのトレーニングは投球時に生じる MCL の過大ストレスを軽減する可能性があると考えられる．トレーニング後の骨格筋の反応について Franchi ら[11]は，10 週間の短縮性トレーニングは羽状角および筋張力を増加させるとして

いる．骨格筋の形態として前腕回内筋である PT は羽状筋，手指屈筋である FDS は半羽状筋に分類されていることから[12, 13]，1 回の短縮性トレーニングにより筋の体積は増加し，羽状角の変化は生じやすいと考えられる．今回実施した前腕回内筋および手指屈曲筋短縮性トレーニングは，羽状角を変化させ，それに伴う筋張力の増加が生じ内側関節包を緊張させることで，トレーニング直後，30 分後における SEMI の狭小化に貢献したことが考えられる．

投球肘障害のリハビリテーションの一つとして以前から前腕屈筋群トレーニングは行なわれており，その方法は多種多様である．投球時の後期コッキング期から加速期にかけて PT，FDS，FCR，FCU の筋活動が最大となることからも[14, 15]，投球時には前腕屈筋群の貢献度が高いと予想される．しかしながら，現場で肘関節内側痛を訴える選手に対し，前腕屈筋群トレーニングを実施すると疼痛の軽減に繋がることも経験するが，先行研究ではトレーニング種目別に効果を比較検討した報告は少ない．本研究では前腕回内筋と手指屈曲筋の個別に行なったトレーニングの効果を確認できたことにより，今後の肘関節障害を訴える選手に対するトレーニングプラン作成に活用できるものと考えられる．

本研究では SEMI の狭小化と投球による肘痛との関連性やトレーニング後の経時的変化を確認できていない．これらの関係性はさらなる調査・検討を行なうことで見出せる可能性もあり，今後の研究課題の一つである．また本研究における SEMI の計測は検者間の誤差を除外するため全て同一検者が行なったが，SEMI 測定をより普遍的な測定方法とするためには検者間での誤差も検討していく必要がある．

結　　語

本研究では前腕回内筋と手指屈曲筋の等尺性収縮が SEMI に与える影響について比較検討した．前腕回内筋と手指屈曲筋の等尺性収縮は SEMI を有意に減少させることが明らかとなった．

また，異なる前腕屈筋群トレーニングにより，前腕回内筋群および手指屈曲筋群ともトレーニング後に SEMI を狭小化させる効果を認めた．これらの結果から前腕回内筋および手指屈曲筋は肘外反ストレスに対するダイナミックスタビライザーとして機能し，投球時に生じる肘外反ストレスに抵抗して MCL を補強する可能性が示唆された．投球肘障害の予防・治療には前腕回内筋および手指屈曲筋トレーニングは有効であるものと考えられた．

文　　献

1）Fleisig GS et al: Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med, 23: 233–239, 1995.

2）Morrey BF et al: Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint. Am J Sports Med, 11: 315–319, 1983.

3）山﨑哲也ほか（編集）：肘実践講座　よくわかる野球肘　肘の内側部障害―病態と対応―．全日本病院出版会，東京: 32–38, 2016.

4）Davidson PA et al: Functional anatomy of the flexor pronator muscle group in relation to the medial collateral ligament of the elbow. Am J Sports Med, 23: 245–250, 1995.

5）Otoshi K et al: The proximal origins of the flexor–pronator muscles and their role in the dynamic stabilization of the elbow joint: an anatomical study. Surg Radiol Anat, 36: 289–294, 2014.

6）太田利亨ほか：前腕回内屈筋群トレーニングが肘関節外反制動に及ぼす影響について．日臨スポーツ医会誌，26: S158, 2018.

7）高橋美沙ほか：超音波画像を用いた肩と肘の評価．理学療法，31: 32–40, 2014.

8）Otoshi K et al: Ultrasonographic assessment of the flexor pronator muscles as a dynamic stabilizer of the elbow against valgus force. Fukushima J Med Sci, 60: 123–128, 2014.

9）星加昭太ほか：肘関節内側における安定化機構に関する解剖学的特徴．日肘関節会誌，24: S26, 2017.

10）Udall JH et al: Effects of flexor–pronator muscle loading on valgus stability of the elbow with an intact, stretched, and resected medial ulnar collateral ligament. J Shoulder Elbow Surg, 18: 773–778, 2009.

11）Franchi MV et al: Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. Acta Physiol (Oxf), 210: 642–654, 2014.

12）Murray WM et al: The isometric functional capacity of muscles that cross the elbow. J Biomech, 33: 943–952, 2000.

13）河上敬介ほか：ヒト骨格筋の肉眼解剖学的研究．理学療法学，23: 424–429, 1996.

14）Digiovine NM et al: An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. J Shoulder Elbow Surg, 1: 15–25, 1992.

15）Werner SL et al: Biomechanics of the elbow during baseball pitching. J Orthop Sports Phys Ther, 17: 274–278, 1993.

外傷を契機に発症した膝窩動脈捕捉症候群の 1 例

A Case of Popliteal Artery Entrapment Syndrome Caused by Trauma

中村　光志　Hiroshi Nakamura　　阿部　雅志　Masashi Abe

●Key words
Popliteal artery entrapment syndrome，膝関節拘縮，膝窩動脈狭窄

●要旨
症例は 14 歳男子．サッカー中に相手と交錯し左膝を受傷した．筋挫傷の診断で経過観察となるも，疼痛・可動域制限が持続し当院紹介受診となった．MRI で過伸展損傷を疑う大腿骨・脛骨前方の骨挫傷，後方軟部組織の高信号変化がみられた．拘縮解除のため，全身麻酔下に授動術を行ない可動域は改善したが，完全伸展位で末梢循環障害が出現，伸展時にエコーで膝窩動脈が圧排され，造影 CT では膝窩動脈の途絶がみられた．膝窩動脈の圧排を解除するため，後方アプローチで神経血管側背側の瘢痕組織を切離し，伸展時の循環障害は改善した．明らかな解剖学的異常はみられないが，外傷を契機とし急性に膝窩動脈捕捉症候群と同様の病態を呈したものと考えられた．

はじめに

膝窩動脈捕捉症候群（Popliteal artery entrapment syndrome）は，膝窩動脈と周囲の筋軟部組織間の先天的解剖異常を背景とし，若年者に間欠性跛行を呈する疾患である．今回，外傷を契機とし，伸展時に膝窩動脈捕捉症候群と同様の病態を呈した症例を経験したので報告する．

症　例

14 歳男子．サッカー中に相手選手と交錯し左膝を打撲した．他院でハムストリング筋挫傷の診断で経過観察となるも，疼痛，可動域制限が強く，リハビリ目的に他院入院加療となった．その後も症状の改善なく，受傷後 2 週で当院紹介受診となった．

初診時，左膝窩部に強い圧痛と緊満感があり，伸展－60°～屈曲 125° と著明な可動域制限がみられた．単純レントゲン像では明らかな骨傷はなく，MRI STIR 像で大腿骨・脛骨前方の骨挫傷と，大腿骨後方に血腫を疑う液体貯留像があり，過伸展損傷が疑われた（図 1）．

除痛による可動域改善が得られるかを確認するため，全身麻酔による鎮痛，鎮静下での可動域を評価した．麻酔導入後も伸展－30°～屈曲 140° と可動域制限が残存しており，拘縮が存在するものと考えて非観血的授動術を施行した．麻酔下，他動にて伸展 0°～屈曲 150° と可動域制限は改善したが，完全伸展位を保持した際に足趾末梢の冷感・蒼白がみられた．

授動術後の下肢エコーで伸展に伴う膝窩動脈の圧排がみられ（図 2），造影 CT でも同様に伸展時に膝窩レベルでの膝窩動脈の途絶がみられた（図 3）．再度撮影した MRI 画像では膝窩動脈や腓腹筋内側頭自体の走行に明らかな解剖学的異常はなかった（図 4）．

伸展位で出現する循環障害の改善は保存加療では得られないと判断し，膝窩動脈の圧排を解除する目的で，腹臥位による後方アプローチでの手術加療を行なった．膝窩部 S 字状切開で侵入し，術中エコーにて，各組織切離ごとに膝窩動脈狭窄の状態を確認，また血管外科医が血管内皮損傷等の器質的病変がないことを確認した．神経血管束背側の脂肪層が瘢痕様に硬化しており，これを切開し，腓腹筋内外側頭間を剥離することにより狭窄の解除を得ることができた．これにより膝伸展位での循環障害は改善された．

術後 1 週で膝関節可動域伸展 0°～屈曲 135° に改善し，松葉杖部分荷重歩行で退院した．術後 2 週の血管エコーで，膝伸展位での膝窩動脈再狭窄はなく，術後 3 ヵ月の MRI で骨内輝度変化の消失，後方血腫の消失がみられ

中村光志
〒 426-8677　藤枝市駿河台 4 丁目 1-11
藤枝市立総合病院整形外科
TEL 054-646-1111

藤枝市立総合病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Fujieda Municipal General Hospital

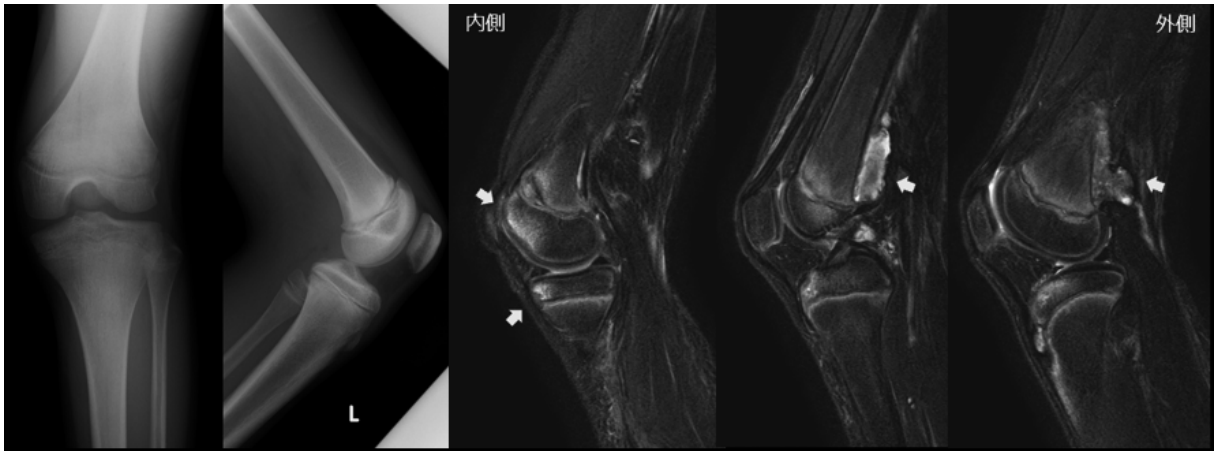


図１　初診時画像所見
単純レントゲン像：明らかな骨折なし.
MRI STIR 像（矢状断）：大腿骨・脛骨前方の骨挫傷と大腿骨後方に血腫を疑う液体貯留像あり.

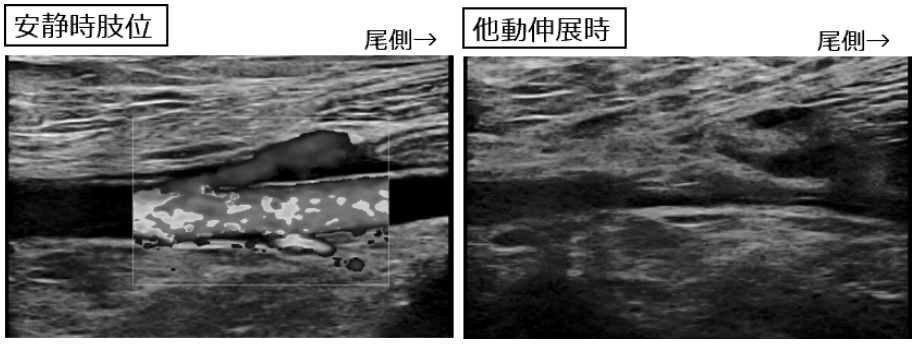


図２　授動術後の膝窩動脈エコー所見
安静時肢位（軽度屈曲位）から他動伸展に伴い膝窩動脈が圧排された.

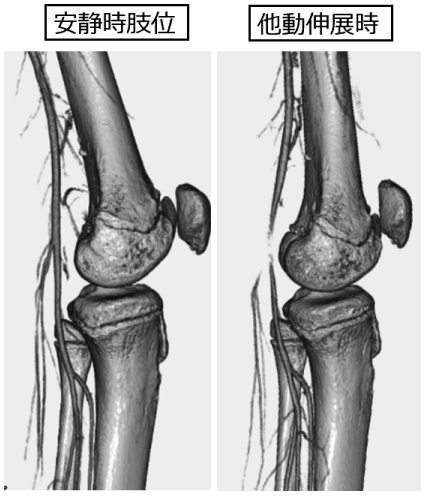


図３　造影 CT 3D 再構築像
伸展時撮影で膝窩動脈の途絶がみられる.

た（図 5）. MRI で前十字靱帯の連続性はみられたが，徒手検査では Lachman test 陽性，N-test 陽性で，受傷時に過伸展による前十字靱帯損傷があったと考えられた．術後 6 ヵ月現在，循環障害，可動域制限はなく，膝の回旋不安定性が残存しており，今後骨端線閉鎖後の前十字靱帯再建術を予定している.

考　　察

膝窩動脈捕捉症候群は 1995 年に Love らにより初めて報告され[1]，膝窩動脈と筋腱膜組織間の先天的な解剖異常を背景とし，若年者における間欠性跛行の鑑別となる疾患である．通常，スポーツ活動の多い 30 歳以下の男性に好発し，約 30％が両側性であるとされる[2]．先天的な解剖異常の存在に加え，スポーツ活動等により発達した腓腹筋による動脈圧迫の増強，繰り返す機械的刺激による動脈壁の肥厚や内腔狭窄により徐々に発症するものと推測されており[3]，典型的な臨床所見としては間欠性跛行や下腿疼痛，下腿腫脹等の慢性閉塞症状が主体である．腓腹筋内側頭，膝窩動脈の走行異常により 4 つのタイプに分類されるが[2]（図 6），本症例ではいずれの解剖学的異常もみられなかった．明らかな解剖学的異常はなく，また外傷を契機に膝伸展位での血流障害をきたした本症例は，高度拘縮による膝窩部軟部組織硬化，筋挫傷による筋組織自体の腫脹，血腫による圧排等が影響し，急性に膝窩動脈捕捉症候群と同様の病態が発症したものと考えられた．これまでの報告では，治療方針として，血管内皮異常，瘤状変化等の器質的異常を伴わない

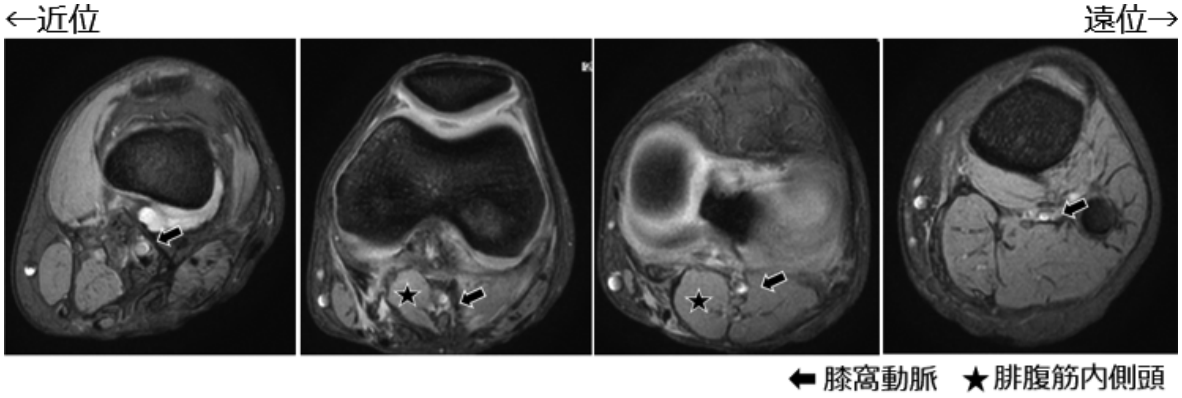


図４　MRI T2 強調画像（横断像）
膝窩動脈の走行・腓腹筋内側頭付着部に解剖学的異常なし.

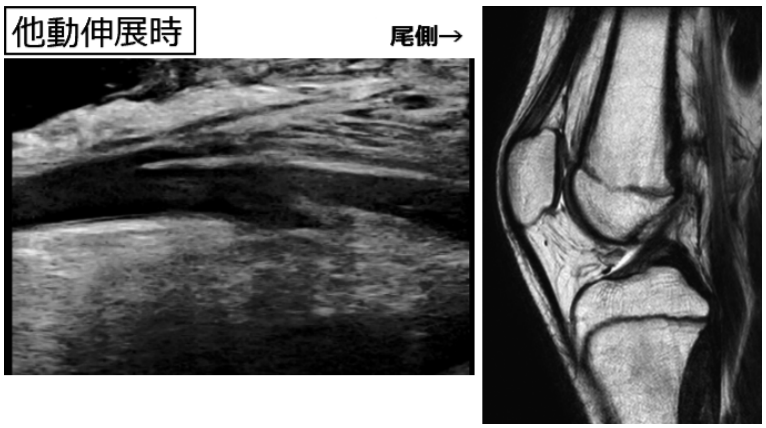


図５　術後画像（左：術後２週膝窩動脈エコー，右：術後３ヵ月 MRI）
エコー：完全伸展でも再狭窄なく経過.
MRI：大腿骨後面の血腫・骨挫傷所見は消失.

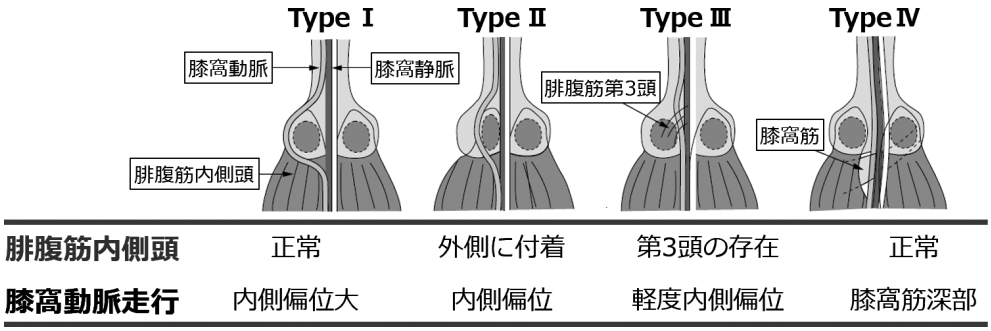


図６　解剖学的異常による分類（文献２より改変）

場合には，腓腹筋内側頭切除や異常筋束切除等の動脈捕捉の解除のみで問題ないとされるが[4]，血管自体の器質的異常がある場合には自家静脈等を利用した血行再建が選択されることが多く[5]，適切な治療のための評価，術中判断には，血管外科医の協力が必要である．本症例では，血管外科医に血管内皮損傷等がないことを確認してもらい，結果的に神経血管束背側脂肪層の瘢痕組織の切開で症状の改善が得られた.

これまでに，外傷を契機とした解剖学的異常のない膝窩動脈捕捉症候群の報告は１例あるが[6]，受傷後４ヵ月で間欠性跛行をきたした慢性発症例であり，本症例のように急性発症で，膝伸展位での循環障害が発症するような症例報告はわれわれが渉猟しえた範囲ではなく，このような病態も外傷後に起こりうることとして注意を要すると考えた.

文　献

1）Love JW et al: Popliteal artery entrapment syndrome. Am J Surg, 109: 620–624, 1965.
2）遊佐祐子ほか：血管疾患診療ガイドライン―血管疾患治療の際に知っておくべき基礎知識―．Vascular Lab, 5: 269–273, 2008.
3）稲田潔ほか：膝窩動脈捕捉症候群．外科治療，74: 984–988, 1996.
4）島崎太郎ほか：膝窩動脈捕捉症候群の 1 例．東医大誌，54: 168–170, 1996.
5）渡辺不二夫ほか：バイパス手術を要した膝窩動脈捕捉症候群の 1 例．北海道外科誌，45: 127–131, 2000.
6）鈴木朱美ほか：外傷を契機に発症した膝窩動脈捕捉症候群の 1 例．日臨スポーツ医会誌，20: S154, 2012.

名古屋市小学生野球検診における上腕骨小頭離断性骨軟骨炎発見率の推移

Sequential Screening of Osteochondral Dissecans of Humeral Capitellum for Elementary School Baseball Players in Nagoya City

原田　洋平[1)]　Yohei Harada
梶田　幸宏[1)]　Yukihiro Kajita
吉田　雅人[4)]　Masato Yoshida
岩堀　裕介[2)]　Yusuke Iwahori
平岩　秀樹[3)]　Hideki Hiraiwa
出家　正隆[1)]　Masataka Deie

●Key words
Osteochondral dissecans of humeral capitellum：Elementary school baseball players：Sequential screening

●要旨
名古屋市小学生軟式野球選手を対象とした野球検診において，上腕骨小頭離断性骨軟骨炎（以下OCD）の発見率の3年間の推移を検討した．検診において超音波検査を用いて投球側のOCDスクリーニングを行ない，石崎分類を用いて軟骨下骨に異常所見を認めるStage S以上を小頭異常所見として二次検診の対象とし，二次検診でOCDの確定診断を行なった．2015年度，2016年度，2017年度それぞれの参加数は567，767，792名であり，一次検診での小頭異常所見発見率は7.4％，7.6％，4.4％であり，二次検診受診率は100％，91％，86％，OCD発見率は3.0％，2.1％，1.5％であった．検診初年度はこれまで指摘されていなかったOCDを多く検出したものと思われ，その後経年的に発見率は低下していた．

はじめに

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎（以下OCD）は小学校高学年を中心に野球選手に好発することが知られており[1, 2)]，初期は無症状であることが多いため超音波検査を用いて早期発見することを目的とした野球肘検診が全国各地で行なわれている[3~7)]．愛知県では，名古屋大学，名古屋市立大学，愛知医科大学の3大学が分担し，名古屋市を中心とした広域野球検診を2015年から実施している[8)]．今回愛知県で行なった小学生軟式野球選手の検診において，上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の発見率の3年間の推移を検討した．

対象と方法

ジュニアベースボールリーグ愛知加盟の名古屋市を中心とした小学生軟式野球チームにおいて，2015年度から2017年度の野球検診に参加した延べ2,126人の全ポジションの小学4・5・6年生を対象とした．

一次検診では，まず選手・指導者・保護者を対象に座学を行ない，野球検診の意義と野球障害およびその予防に関する理解を図った．続いて問診，医師による身体検査，理学療法士による身体計測，医師による肘関節超音波検査を行ない，最後に理学療法士から選手にコンディショニング指導を行なった．肘関節超音波検査は利き手の上腕骨小頭の長軸像，短軸像を前方および後方操作か

原田洋平
〒480-1195　長久手市岩作雁又1番地1
愛知医科大学整形外科
TEL 0561-63-1087

1）愛知医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Aichi Medical University
2）あさひ病院スポーツ・関節センター
Sports Medicine and Joint Center, Asahi Hospital
3）名古屋大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nagoya University
4）名古屋市立大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nagoya City University

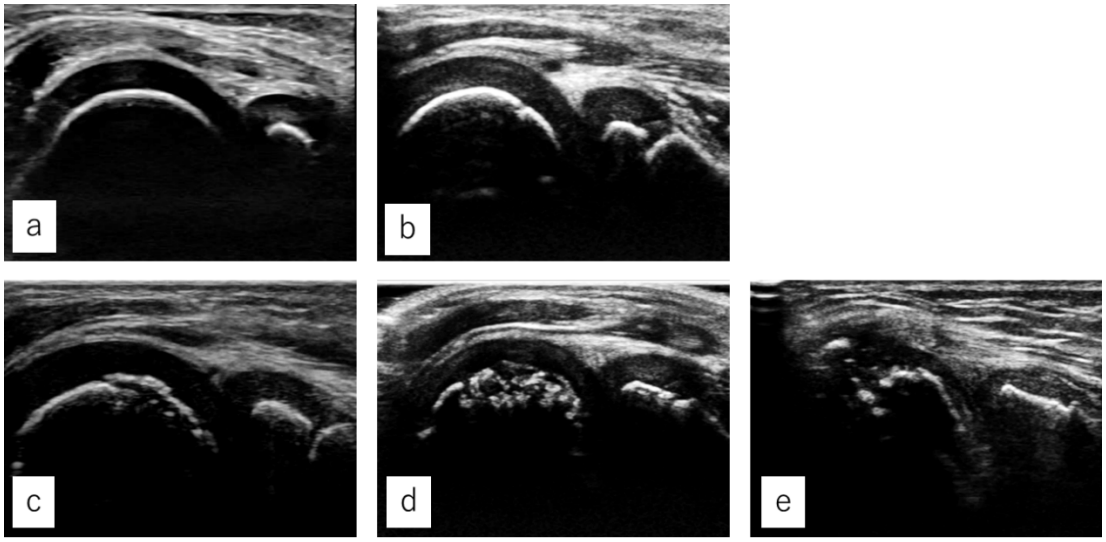


図 1　超音波検査における上腕骨小頭の石崎分類
a：正常.
b：Stage S：軟骨下骨表層にのみ変化を認める.
c：Stage Ⅰ：海綿骨にまで変化を認めるが軟骨下骨の表層ラインは連続して追える.
d：Stage Ⅱ：軟骨下骨の表層ラインが破綻しているが軟骨の低エコー帯は連続している.
e：Stage Ⅲ：関節軟骨も不連続となり遊離体を形成する.

ら描出し，超音波検査経験 10 年以上の医師が石崎分類[9]に従って正常，Stage S，I，II，III と分類し（図 1），異常所見のあったもの（Stage S 以上）はすべて二次検診の対象とした．二次検診の対象となった選手にはその場で指定の協力病院を選定し，紹介状を渡して早期の二次検診受診を促した．

二次検診先においては，単純 X 線，超音波検査，MRI，単純 CT などから総合的に OCD の確定診断を行なった．二次検診の単純 X 線像で明らかな所見がなくても，超音波検査で軟骨下骨の不整を再度確認した場合は CT や MRI 検査を行ない，CT で軟骨下骨の不整像や MRI 脂肪抑制 T2 強調像で上腕骨小頭の高信号域を認めた場合には OCD と確定した．また，初診時に OCD が否定的であった症例においても最低 3 ヵ月は X 線および超音波検査による経過観察を行なった．OCD の診断結果については二次検診病院から各大学へ結果報告を行なった．二次検診の報告がない場合は各大学より家族へ連絡し，未受診の場合は受診を促した．また一次検診より 2 年以上が経過した段階で各二次検診病院にその後の治療経過（手術介入の有無）を調査した．

検討項目として，各年度の一次検診における上腕骨小頭の異常所見発見率，二次検診受診率，二次検診で OCD と確定診断した検診全体における OCD 発見率を比較した．検診前に病院受診歴があり既に OCD を指摘されている選手は除外し，新規発見率のみを算出した．また検診後経過において，手術介入の有無を検討した．

統計学的検討として，各年度の学年の分布の差，各年度の OCD の発見率の差，各学年における OCD 発見率の差に関して χ^2 検定を用い，P 値 0.05 未満を有意とした．

結　　果

各年度の参加チームと学年ごとの参加人数，合計人数，新規受診者の割合の内訳を表 1 に示す．2015 年度は 4 年生の受診者割合が少なく，各年度における学年の分布に有意差を認めた（$p<0.01$）．

一次検診において上腕骨小頭に異常所見を認めたのは 2015 年度が 42 名（7.4％），2016 年度が 58 名（7.6％），2017 年度が 35 名（4.4％）であった．二次検診受診率はそれぞれ 100％，91％，86％であった．二次検診で OCD と確定されたのはそれぞれ 17 名，16 名，12 名であり，検診全体における OCD 新規発見率は 3.0％，2.1％，1.5％と経年的に減少していた（図 2）が，統計学的有意差はなかった（$p=0.25$）．3 年間合計の OCD 発見率は 2,126 名中 45 名（2.1％）であった．学年ごとにみると小学 4 年生が 461 名中 9 名（2.0％），5 年生が 852 名中 15 名（1.8％），6 年生が 813 名中 20 名（2.5％）で，学年と OCD 発見率に有意差はなかった（$p=0.59$）．各年度の一次検診における石崎分類の Stage S, I, II と

表 1　各年度の参加チーム数，参加人数，新規受診率

	2015 年度	2016 年度	2017 年度
チーム数	38	41	43
4 年生（人）	46	204	211
5 年生（人）	238	306	308
6 年生（人）	283	257	273
合計（人）	567	767	792
新規受診率	100％	83.7％	67.6％

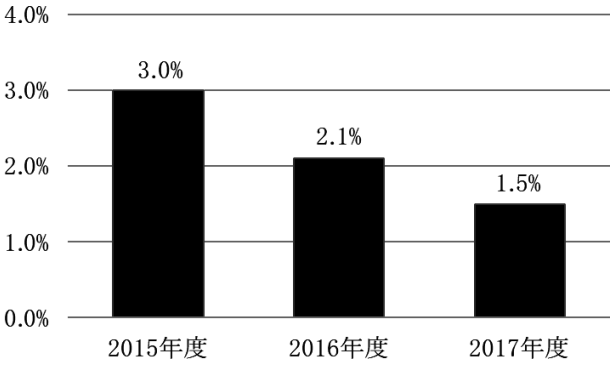


図２　各年度の新規 OCD 発見率

表２　一次検診で指摘された上腕骨小頭異常所見の石崎分類

	Stage S	Stage I	Stage II	Stage III
2015 年度	13（1）	19（ 8）	10（ 7）	0（0）
2016 年度	35（1）	14（ 9）	9（ 6）	0（0）
2017 年度	19（2）	13（ 7）	3（ 3）	0（0）
合計	67（4）	46（24）	22（16）	0（0）

（　）内はその後の二次検診で OCD と診断された人数

III は 2015 年度が 13 名，19 名，10 名，0 名，2016 年度が 35 名，14 名，9 名，0 名，2017 年度が 19 名，13 名，3 名，0 名であった（表 2）．最終的に OCD と確定診断されたのは，Stage S が 67 名中 4 名，Stage I が 46 名中 24 名，Stage II が 22 名中 16 名であり（表 2），一次検診で Stage S だったものの二次検診で OCD と診断された 4 名は二次検診において Stage I と診断されていた．

検診後 2 年以上の経過において，2 名が手術を受けていた．1 名は検診時および二次検診において Stage II と診断されており，検診から 1 年後に手術を受けていた．もう 1 名は検診時に Stage I の判断であったが二次検診では Stage II と診断され，検診から 1 年 8 ヵ月後に手術を受けていた．

考　　察

現在各地域で小学生を対象とした大規模な野球検診が行なわれているが，検診における OCD は 2%前後の報告が多い[1, 3~5, 10]．本研究では，3 年間で新規 OCD と診断された小学校高学年野球選手は 2,126 人中 45 人（2.1%）であり，他県の報告とほぼ同等であった．なお，本研究では検診を契機に初めて OCD と診断された選手を検証しており，全体におけるその割合を「発見率」と定義した．すでに病院や過去の検診で OCD を指摘されている選手は除外しており，また，初めて検診を受ける選手や前年または一昨年前の検診を受けた選手などが混在している．そのため検診全体における OCD の割合である「有病率」や，ある一定期間に発症した割合である「発症率」ではなく，がん検診等でも使用される「発見率」という言葉を用いた．

経年的に OCD 発見率を見てみると統計学的有意差はないものの検診初年度に比べ，2 年目，3 年目と経時的に発見率は低下する傾向にあった．その要因として以下の 2 つが考えられる．

1 つ目は検診初年度に既存の OCD を多く検出した可能性がある．実際に新規受診率は経年的に低下しており，前年もしくは一昨年に検診を既に受けている選手が増えていた．琴浦ら[11]や船越ら[4]も検診開始当初よりも経年的に OCD 発見率が低下することを報告している．毎年検診を受けることで OCD 発見率は 1 年間の新規 OCD 発生率に近付くことができ，さらにそのことは OCD の早期発見，早期治療につながると考える．

2 つ目はわれわれの検診では検診結果に基づくフィードバックや指導者，選手，保護者を対象に野球障害に関する座学を行なっていることから，野球肘障害やその予防の理解が普及した影響である．上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の発生要因には血流障害[12]や持続外傷[13]などがあげられるが，オーバーユースやオーバーロードといった要因は，フィードバックや座学により減少させることができると考える．今田ら[14]は予防指導介入型野球肘検診を行なうことにより，超音波検査での上腕骨小頭の新規所見発生率が経年的に減少したことから，予防介入の啓発の意義があるとしている．今後，フィードバックや座学の効果を検証するための詳細な縦断調査を行ないたい．

今回検診において Stage I, II とされていた 2 例でその後手術介入が行なわれていたが，その後の二次検診では 2 例とも Stage II と診断されていた．また本研究の対象外ではあるが，検診参加時すでに近医通院中の選手で Stage III の選手も存在し，その後手術を施行されていた．OCD の治療で手術を回避するためには早期発見が重要であることは言うまでもない．Matsuura ら[15]は OCD の保存治療において，早期（X 線における透瞭期）では 90.5%で治癒したものの進行期（X 線における分離期）では 52.9%しか治癒せず，野球競技復帰率も早期では 78.6%，進行期で 52.9%であったと報告している．OCD の早期発見のためには毎年の検診受診も必要である．琴浦ら[11]は，検診で OCD が検出された選手のうち病期が進行していた選手の多くは前年の検診歴がないことを報告している．肘の骨軟骨障害は 1 年前後で X 線像での形態変化を生じており 1 年に 1 回は検診を受けるべき[16]との報告もあり，OCD の早期発見，治療のためには今後も毎年の検診を実施し，4 年生から 6 年生まで連続した検診の受診を促していきたい．

検診の意義を考えると偽陰性による見逃しは回避すべきであるが，一方で偽陽性が多いと不要な二次検診例が増えて選手・保護者の負担や医療費の無駄が増大することになり，そうした側面に対する配慮も必要である．最終的に OCD と確定診断されたのは，Stage S が 67 名中

4名（6％），Stage Iが46名中24名（52％），Stage IIが22名中16名（72％）であり，Stage SやStage Iの偽陽性をいかに減らすかも今後の課題である．

本研究の限界として，年度によって学年のばらつきの差があること，二次検診受診率が100％でないこと，OCDの診断，治療方針は各二次検診病院に一任していること，超音波評価について検者内および検者間信頼度を検定していないことがあげられる．ただし信頼度に関しては，超音波検査でOCDを評価し高い検者間信頼度を示した報告[1]がある．

最後に本研究は3年間のみの推移の検討であるため今後も引き続きOCD新規発見率の推移を検討する必要があると考える．

結　　語

小学生高学年野球選手の肘検診における3年間のOCD発見率の推移を検討した．OCD新規発見率は初年度3.0％，2年目2.1％，3年目1.5％であった．OCDの早期発見，治療のためには毎年の検診を継続する必要があると考える．

文　　献

1）Matsuura T et al: Cumulative incidence of osteochondritis dissecans of the capitellum in preadolescent baseball players. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg, 35: 60–66, 2019.
2）松浦哲也：いつ，どうして発生するのか．岩瀬毅信ほか（編集）．よくわかる野球肘　離断性骨軟骨炎．第1版，全日本病院出版会，東京: 42–52, 2013.
3）岩瀬毅信：スポーツ障害の予防・診断・治療―少年野球肘について―．小児外科 , 28: 703–710, 1996.
4）船越忠直ほか：投球障害の予防と治療―北海道における取り組み―．少年野球選手に対する投球肘障害の予防と治療―検診を通じて―．北海道整災外会誌 , 56: 162–164, 2015.
5）長澤誠ほか：野球検診で発見された上腕骨小頭離断性骨軟骨炎例の特徴．肩関節 , 42: 552–554, 2018.
6）森原徹ほか：少年野球における肘障害の予防．予防活動の実際．京都府での取り組み―小学生，中学生，高校生に対する縦断野球検診―．関節外科 , 33: 1180–1184, 2014.
7）岩間徹：少年野球における肘障害の予防．予防活動の実際．神奈川県での取り組み―重要なのは医療と現場の絆―．関節外科 , 33: 1196–1199, 2014.
8）岩堀裕介ほか．名古屋市小学生軟式野球選手を対象とした広域野球検診―上腕骨小頭離断性骨軟骨炎を中心に―．整スポ会誌 , 38: 127–132, 2018.
9）柏口新二ほか：整形外科領域の超音波検査―肘離断性骨軟骨炎の診断・治療経過観察―．超音波検技 , 34: 469–480, 2009.
10）Matsuura T et al: Prevalence of osteochondritis dissecans of the capitellum in young baseball players: results based on ultrasonographic findings. Orthop J Sports Med, 2: 2325967114545298, 2014.
11）琴浦義浩ほか：小中学生野球選手における上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の罹患率―経時的検討―．整スポ会誌 , 38: 258–261, 2018.
12）Haraldsson S: On osteochondrosis deformas juvenilis capituli humeri including investigation of intra-osseous vasculature in distal humerus. Acta Orthop Scand Suppl, 38: 1–232, 1959.
13）Brown R et al: Osteochondritis of the capitellum. J Sports Med, 2: 27–46, 1974.
14）今田光一ほか：小中学生野球選手への予防指導介入型野球肘検診は単年度新規発生率を減少させるか―超音波所見の検討―．日肘関節会誌 , 23: 405–408, 2016.
15）Matsuura T et al: Conservative treatment for osteochondrosis of the humeral capitellum. Am J Sports Med, 36: 868–872, 2008.
16）松浦哲也ほか：予防の観点からみた少年野球検診の意義．整形・災害外科 , 53: 1615–1622, 2010.

投球肩・肘障害症例に対する身体運動機能検査の有用性について

Usefulness of Physical Function Test for Throwing Shoulder and Elbow Discorders

森口　晃一　Koichi Moriguchi

●Key words
投球肩・肘障害，肘下がり，セルフチェック

●要旨
目的：投球時の肘下がりを想定したテストを考案し，その有用性を検討することである．
方法：健常な中学野球選手（健常群）と投球肩・肘障害の診断を受けた症例群を対象とした．テストは，背臥位で投球側肘関節を耳孔の高さに位置させ，投球動作の late cocking 期に類似した肢位に設定した際に，肘関節が耳孔から耳垂の高さを維持できなかった場合は陽性と判定した．また，症例群の本テスト陽性者にストレッチ指導を行なった効果も検討した．
結果：健常群と症例群でテストの陰性率に有意差を認めた．また症例群の陽性者にストレッチ指導を行なった結果では，ストレッチの実施頻度によって本テストの陰性率に有意差を認めた．
結語：本テストの有用性が示唆された．

はじめに

投球動作は全身の機能が関わるため，投球肩・肘障害に対しては，投球側の肩・肘関節のみならず，体幹や下肢の機能評価の重要性が指摘されている[1]．投球側の肩関節のみならず体幹や下肢機能の問題の結果として，投球動作時のいわゆる「肘下がり」が生じることがある．肘下がりとは，足接地時から肩最大外旋までの間に肩外転角が減少し，両肩を結ぶ線の高さより肘が低くなることを指し[2]，肘内側障害発生の原因になることが報告されている[3]．また，石井ら[4]は，肘下がりの投球動作は，投球時の肩関節間力比が大きく，また上腕骨頭病変の存在確率が高くなることを報告した．そのため，投球肩・肘障害に対するリハビリテーションにおいて，投球時の肘下がりなど肩関節や肘関節への過度な力学的ストレスを軽減させることは重要課題であり，その要因となる身体機能の改善が求められる．その中で，治療者と患者（選手）が問題を共有できること，さらに患者自身で自らの状態を確認できることは，治療・リハビリテーションの方向性の確認や患者自身が積極的に身体の機能改善を図る動機となると考えている．

そこでわれわれは，投球肩・肘障害症例に対する身体運動機能評価として，患者自身が容易に確認できる肘下がりを想定した方法（肘下がりテストと命名）を考案した．本研究の目的は，その有用性について検討することである．

対象と方法

対象は，投球側の肩関節や肘関節の疼痛により当院を受診し投球が肩関節や肘関節の障害の要因と考えられた男性 14 名（平均年齢 14.8±1.5 歳，以下，症例群）と，中学硬式野球チームに所属し肩関節・肘関節に症状を有さない男性 24 名（平均年齢 13.9±0.7 歳，以下，健常群）とした．症例群の診断名の内訳は，上腕骨内側上顆障害 9 名，腱板炎 1 名，UCL 損傷 1 名，上腕骨近位骨端線離解 1 名，上腕骨小頭離断性骨軟骨炎 1 名であった．

肘下がりテストは，投球動作の late coking 期を想定

森口晃一
〒 822-0026　直方市津田町 9-38
一寿会西尾病院リハビリテーション科
TEL 0949-22-0054/FAX 0949-28-0926

一寿会西尾病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Ichijyu-Kai Nishio Hospital

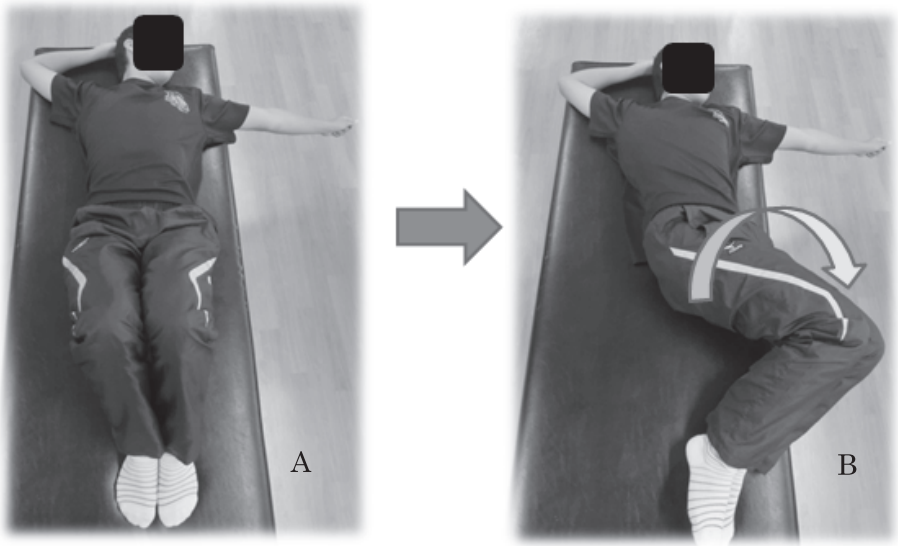


図１　肘下がりテスト方法
A：両股関節・膝関節を屈曲位とする．投球側上肢は，肘関節が耳孔の高さ，指先が後頭部に触れるように位置させる．非投球側上肢は肩関節約 90° 外転位，肘関節伸展位とし，顔は投球方向に向けるようにする．
B：A の状態から，両膝関節をゆっくり投球方向に倒す．



図２　肘下がりテスト判定方法
A：両膝を倒した際に肘が耳孔から耳垂の間の高さを維持できる（陰性）．
B：両膝を倒した際に肘が耳垂より下がる，あるいは床から肘が離れる（陽性）．

し，以下の方法で行なった．背臥位で両・股関節・膝関節を屈曲位とし，投球側上肢は，肘関節が耳孔の高さ，指尖は頭頂部を触れるように位置させ，非投球側上肢は肩関節約 90° 外転位，肘関節伸展位とし，顔は投球方向に向けるように指示した（図 1A）．その状態から両膝関節をゆっくり投球方向に倒し（図 1B），投球側の肘関節が耳孔から耳垂の間の高さを維持できる状態は陰性，肘関節が耳垂よりも下がる，あるいは床から離れる場合は陽性と判定した（図 2）．なお，今回の対象者の中に，本テストによって症状が誘発される状態や炎症症状の強い状態の症例は存在しなかった．

次に，症例群における本テスト陽性者に対しては，上腕三頭筋長頭，広背筋，大胸筋および小胸筋の胸筋群，大殿筋のストレッチ指導を行ない，指導から 2 週間後に再度本テストを実施した．その際，1 週間のストレッチ実施が 3 日以上と 3 日未満に分け，本テストの結果を比較した．

統計学的検討は，健常群と症例群で本テストの陰性数と陽性数の比較，ストレッチ実施 3 日以上と 3 日未満での本テストの陰性数と陽性数の比較を，それぞれフィッシャーの正確確率検定を用いて行なった．有意水準は 5% 未満とした．

結　　果

健常群と症例群の肘下がりテストの結果は，健常群

表１　肘下がりテストの結果

	陰性	陽性	計
健常群	23	1	24
症例群	3	11	14
計	26	12	38

*$p<0.01$

表２　肘下がりテスト陽性症例に対するストレッチの実施の結果

		ストレッチ		
		3日以上	3日未満	合計
肘下がりテスト	陰性	7	1	8
	陽性	0	3	3
	合計	7	4	11

*$p=0.024$

は，陰性23名，陽性1名，症例群は，陰性3名，陽性11名であった（表1）．フィッシャーの正確確率検定の結果，健常群と症例群の陰性率に有意差を認めた（$p<0.01$）．

次に，肘下がりテスト陽性者11名に対してストレッチ指導を行なった結果では，1週間にストレッチを3日以上実施できたのは7名であり，3日未満だったのは4名であった．3日以上ストレッチが実施できた7名は，ストレッチ指導から2週間後の肘下がりテストで全例陰性化していた．ストレッチの実施が3日未満だった4名については，ストレッチ指導から2週間後の肘下がりテストでは，陰性1名，陽性3名であった（表2）．フィッシャーの正確確率検定の結果，ストレッチの実施頻度により陰性率に有意差を認めた（$p=0.024$）．

考　　察

投球障害症例に対する体幹・肩甲帯の機能評価として考案した肘下がりテストの有用性を検討したところ，健常群に対し症例群では明らかに陽性の数が多い結果となった．このことは，本テストは投球障害症例の身体機能の問題を表現できるものと考えられる．よって，本テストは，投球障害予防のための身体機能評価として有用であると思われる．

投球障害の身体機能に関する諸家の報告において，原田ら[5]は，小・中学校の野球部員を対象にした調査において，複合外転テストと水平屈曲テストは肩痛と有意な関連が，外転位内旋可動域は肘痛と関連傾向があったと報告している．また，前田ら[6]はメディカルチェックを受けた高校野球選手を対象に，投球時の肩肘痛と原テスト11項目との関連について検討したところ，Impingement sign と Hyper external rotation test（HERT），Horizontal Flexion test，外転筋力の4項目は投球障害の診察において特に重視すべきでテストあると述べている．森原ら[7]は，HERTは有用なセルフチェック方法であることを報告した．これらの機能評価では，野球現場などで選手個人でのセルフチェックを考えた場合，選手自身での実施や問題の把握ができにくい点が課題といえる．一方，われわれが考案した肘下がりテストのメリットとしては，投球動作の要素と類似しており，現象の把握を治療者ならびに患者自身が把握しやすいこと，方法・判定が簡易的で，どこでも，いつでも実施可能であるため，セルフチェックとして実施しやすいことがあげられる．

また，症例群の陽性者に対しストレッチ指導を行なった結果では，ストレッチの実施頻度が多いほど本テストの陰性率が高い結果を得た．よって本テストは，投球障害に対するリハビリテーションの効果判定の1つとして有用であると思われる．

本テストにおいて陽性となる要因を検討する．本テストの開始肢位および動きの設定と筋の起始・停止の関係から，陽性となるのは，上腕三頭筋長頭，広背筋，大胸筋および小胸筋の胸筋群，大殿筋のいずれかあるいは複数の筋の柔軟性低下が関与していると思われる．実際に，今回の調査で本テスト陽性であった11名に対してこれらの筋のストレッチを指導し，約2週間後の再度評価を行なってみると，1週間に3日以上ストレッチを実施できた症例は7名であり，全例本テストが陰性化していた．投球動作は全身が関係する動作であり，肩甲帯・体幹筋の柔軟性低下は投球障害のリスクといえる．

本研究の限界としては，対象者数が少ないこと，投球動作の肘下がりを想定したテストを考案したが，実際の投球動作との関係は検討できていないこと，考案したテストの結果を症状との関連が検討されていないことがあげられる．今後，これらについて検討する必要がある．

結　　語

われわれが考案した「肘下がりテスト」は，投球障害のリスクとなる体幹・肩甲帯機能を選手（患者）自ら把握することが容易であり，さらに投球障害肩・肘症例の身体機能評価として有用であることが示唆された．

文　　献

1）大泉直美ほか：投球障害の病態．Orthopaedics, 20: 13–18, 2007.
2）坂田淳ほか：内側型野球肘患者の疼痛出現相における投球フォームの違いと理学所見について．整スポ会誌，32: 259–266, 2012.
3）坂田淳ほか：少年野球選手における肘内側障害の危険因子に関する前向き研究．整スポ会誌，36: 43–

51, 2016.
4）石井壮郎ほか：肘下がりの投球動作では上腕骨頭病変が生じやすいか？．肩関節，36: 731–735, 2012.
5）原田幹生ほか：小中学野球選手の肩柔軟性評価法―肩肘痛や投球パフォーマンスとの関係―．肩関節，40: 665–670, 2016.
6）前田周吾ほか：高校野球メディカルチェックにおける原テストと投球障害の関連．肩関節，37: 839–842, 2013.
7）森原徹ほか：高校野球選手における肩関節の Hyper External Rotation Test 陽性率とそのセルフチェック法の有用性．日臨スポーツ医会誌，23: 20–24, 2015.

腰椎分離症の罹患高位と潜在性二分脊椎の関連性，その合併率と骨癒合に及ぼす影響

The Relationship between the Level of Spondylolysis and Spina Bifida Occulta, Its Prevalence and Effect on Bone Union

蒲田　久典[1, 2] Hisanori Gamada
須藤　彰仁[2] Akihito Suto
平野　篤[2] Atsushi Hirano
辰村　正紀[2] Masaki Tatsumura
奥脇　駿[2] Shun Okuwaki
山崎　正志[1] Masashi Yamazaki

●Key words
腰椎分離症，潜在性二分脊椎，骨癒合率
Spondylolysis：Spine bifida occulta：Fusion rate

●要旨
腰椎分離症の罹患高位別の潜在性二分脊椎（Spina bifida occulta; SBO）合併率と骨癒合率を検討した．腰椎分離症と診断した高校生以下の患者156例250分離を対象とした．SBOの合併率は87/156例（55.8％）であった．12歳以下，L5分離でSBO合併率が高かった（いずれも$p<0.01$）．偽関節病変を除き保存療法を行なった新鮮腰椎分離症患者109例144分離における骨癒合率は，SBO合併群70.9％，SBOなし群90.8％だった．SBO合併群はSBOなし群と比較し骨癒合率が低かった（$p<0.01$）．高位別にはL5分離のみSBO合併群の骨癒合率が低かった（$p=0.03$）．L3, L4分離においてSBOの有無は治癒阻害因子ではなかった．L5分離ではSBO合併が治癒阻害因子であった．

背　　景

潜在性二分脊椎（Spina bifida occulta; SBO）は発育期腰椎分離症にしばしば合併し保存治療成績に関与する[1]．また学童期の腰椎分離症患者においてはL5分離の92.6％にSBOが合併すると報告されている[2]．SBOの有無にかかわらずL5分離はそれ以外のものと比べて骨癒合率に劣る[3]が，その要因はいまだ明らかではない．本研究の目的は腰椎分離症の罹患高位別のSBOの合併率，骨癒合率を検討することである．

方法と対象

対象は，2014年4月から2018年3月までの4年間，当院で腰椎分離症と診断された高校生以下の患者156例250分離（平均年齢14.3歳，男性117例，女性39例）とした．罹患高位はL2 1分離，L3 25分離，L4 55分離，L5 169分離であり，年齢，罹患高位別にSBOの合併率およびSBOの高位を調査した．SBOの定義は，初診時の単純X線写真もしくはCTの腰椎，仙椎（S1, S2）において左右の椎弓に連続性がないもの[4]とした（図1）．

また偽関節病変を除き，MRIのSTIR像で椎弓根基部に高信号変化を伴う新鮮腰椎分離症に対して保存療法を行なった109例144分離（平均年齢14.1歳，男性83例，女性26例），L3 15分離，L4 37分離，L5 92分離において，SBOの有無と高位別の骨癒合率を調査した．保存療法の治療プロトコルは体育を含めた運動の中止，腰椎伸展・回旋制限装具（テクノブレイス社ナイト型半

蒲田久典
〒308-0813　筑西市大塚555番地
地方独立行政法人茨城県西部医療機構茨城県西部メディカルセンター
TEL 0296-45-5111/FAX 0296-45-5680
E-mail hisanorigamada@gmail.com

1）筑波大学医学医療系整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tsukuba
2）筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター/茨城県厚生連総合病院水戸協同病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery and Sports Medicine, Tsukuba University Hospital Mito Clinical Education and Training Center/ Mito Kyodo General Hospital

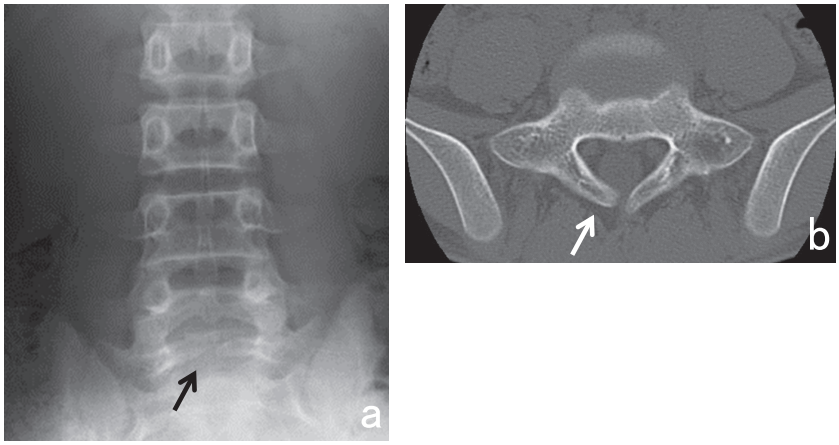


図 1　SBO の定義
a：単純 X 線写真　腰椎正面像：S1 の左右の椎弓に連続性を認めないもの（黒矢印）.
b：CT 水平断　S1：左右椎弓に連続性を認めないもの（白矢印）.

硬性コルセット）の装着，アスレティックリハビリテーションである．保存療法の期間中，1 ヵ月ごとに MRI を撮像し，椎弓根基部の高信号変化が消失した時点で CT を撮影し骨癒合を評価した．水平断・矢状断・冠状断のうち 2 条件で皮質骨の連続性を認めたものを「骨癒合」，連続性を認めなかったものを「偽関節」と判定した．統計学的処理は，χ^2 検定，fisher の正確確率検定を用い，有意水準は 0.05 とした．統計処理は SAS 社の JMP® 10 を用いた．

結　　果

SBO の合併率は 87/156 例（55.8%）であった．

年齢別の SBO 合併率（図 2）は，8〜12 歳 22/24 例（91.7%），13〜15 歳 45/83 例（54.2%），16〜18 歳 20/49 例（40.8%）であり 12 歳以下では有意に SBO 合併率が高かった（$p<0.01$，fisher の正確確率検定）．

SBO の高位は，重複を含み L4SBO 3 例，L5SBO 23 例，S1SBO 81 例，S2SBO 24 例であり S1SBO が最多だった．

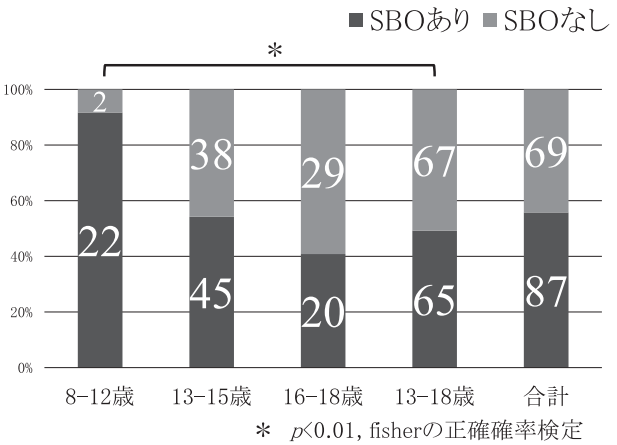


図 2　年齢別の SBO 保有率

分離症の高位別の SBO 合併率（表 1）は L2 分離 0/1 分離（0 %），L3 分離 13/25 分離（52.0 %），L4 分離 19/55 分離（34.5%），L5 分離 107/169 分離（63.3%）であった．L5 以外の分離では 32/81 分離（39.5 %）であり，L5 分離は L5 以外の分離と比較して SBO 合併率が有意に高かった（$p<0.01$，χ^2 検定）．

新鮮腰椎分離症に対する保存療法後の骨癒合率は，115/144 分離（77.9%）であった．

分離症の高位別の骨癒合率は，L3 分離 15/15 分離（100 %），L4 分離 34/37 分離（91.9 %），L5 分離 66/92 分離（71.7%）であった．L5 分離は，L3, 4 分離と比較し骨癒合率が有意に低かった（$p<0.01$，χ^2 検定，残差分析）．

SBO の有無別の骨癒合率は，SBO 合併群 56/79 分離（70.9%），SBO なし群 59/65 分離（90.8%）で，SBO 合併群は SBO なし群と比較し骨癒合率が低かった（$p<0.01$ fisher の正確確率検定）．

また，SBO の有無および高位別骨癒合率は，SBO 合併群 L3 分離 7/7 分離（100 %），L4 分離 12/14 分離（85.7%），L5 分離 37/58 分離（63.8%）であり，SBO なし群 L3 8/8 分離（100%），L4 22/23 分離（95.7%），L5 29/34 分離（85.3%）であった（図 3）．L3, L4 分離では SBO の有無で骨癒合率に差はなかったが，L5 分離では

表 1　分離症の高位別 SBO 保有率

	SBO あり		SBO なし	合計
L2 分離	0　（0%）		1	1
L3 分離	13（52.0%）		12	25
L4 分離	19（34.5%）		36	55
L5 分離	107（63.3%）	*	62	169
L5 以外分離	32（39.5%）		49	81
合計	139（55.6%）		111	250

*$p<0.01$，χ^2 検定

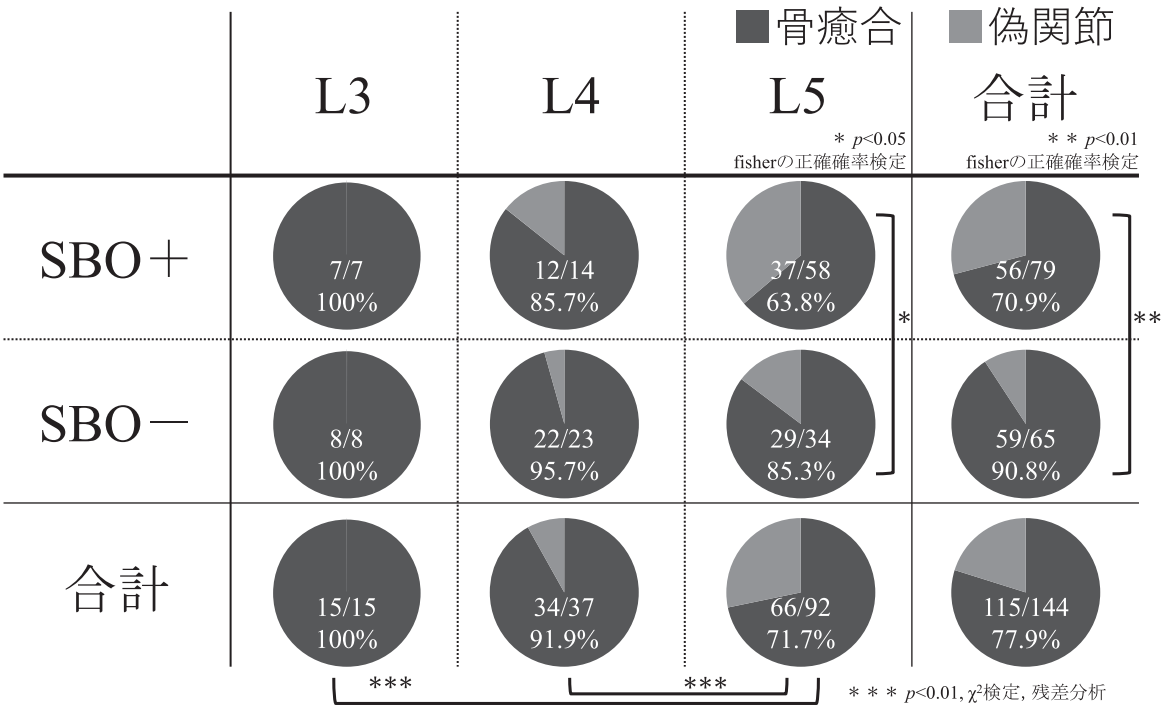


図３　SBO の有無，腰椎分離症の高位別の骨癒合率

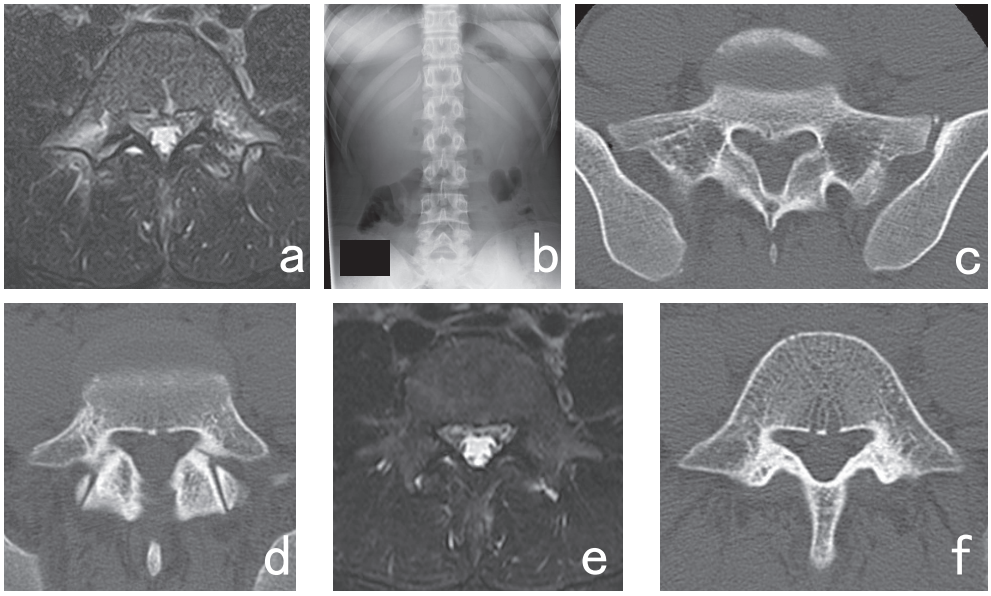


図４　代表症例１　SBO なし例
a：初診時腰椎 MRI　STIR 像　水平断：両 L5 椎弓根基部に高信号変化を認める．
b：初診時腰椎単純 X 線写真　正面：SBO を認めない．
c：初診時腰椎単純 CT 水平断：S1 の椎弓は連続しており，SBO を認めない．
d：初診時腰椎単純 CT 水平断：両 L5 椎弓に初期病変を認める．
e：３ヵ月後腰椎 MRI STIR 像　水平断：高信号変化は消失した．
f：３ヵ月後腰椎単純 CT 水平断：両 L5 の病変の骨癒合を得た．

SBO 合併群の骨癒合率が有意に低かった（$p=0.03$ fisher の正確確率検定）．

代表症例１：SBO なし例

13 歳女児，バスケットボール．MRI で両 L5 に高信号変化を認め（図 4a），単純 X 線（図 4b），CT（図 4c）で SBO を認めず，両 L5 に初期病変を認めた（図 4d）．3 ヵ月で MRI の高信号変化は消失（図 4e），CT でも骨癒合を得た（図 4f）．運動復帰を許可し，その後再発はなく競技を継続している．

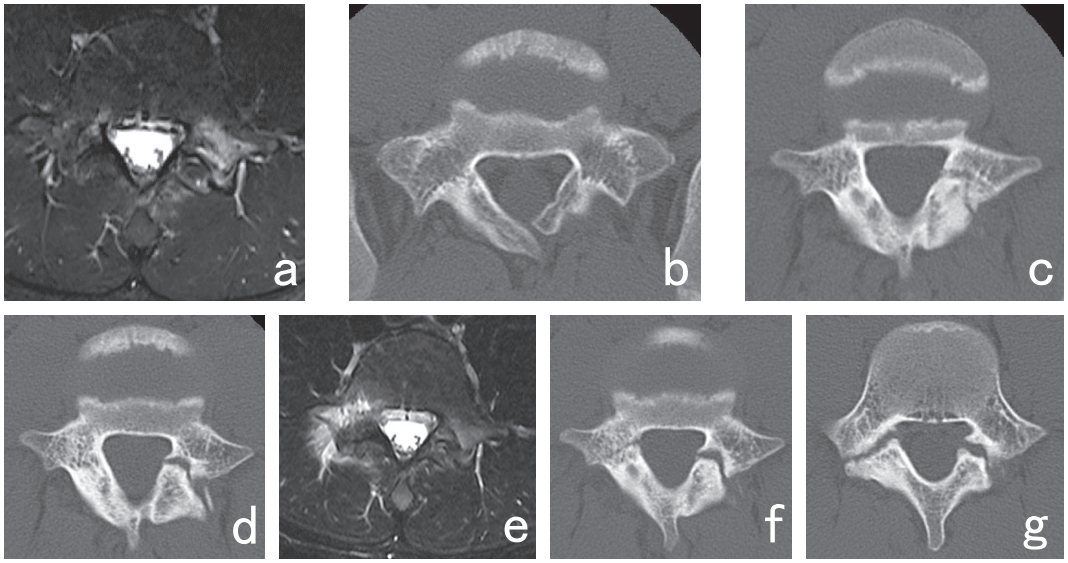


図５　代表症例２　SBO 合併例
a：初診時腰椎 MRI　STIR 像　水平断：左 L5 椎弓根基部に高信号変化を認める.
b：初診時腰椎単純 CT 水平断：S1 の左右の椎弓は不連続であり，SBO を認める.
c：初診時腰椎単純 CT 水平断：左 L5 椎弓に初期病変を認める.
d：３ヵ月後単純 CT 水平断：左 L5 の病変は偽関節化した.
e：４ヵ月後腰椎 MRI STIR 像　水平断：右 L5 椎弓根基部に新たな高信号変化を認める.
f：４ヵ月後腰椎単純 CT 水平断：右 L5 椎弓に初期病変を認める.
g：７ヵ月後腰椎単純 CT 水平断：両側ともに偽関節化した.

代表症例２：SBO 合併例

14 歳男児，野球　投手．MRI で左 L5 に高信号変化を認め（図 5a），CT で S1SBO（図 5b），左 L5 に初期の病変を認めた（図 5c）．3 ヵ月で MRI の高信号変化は消失したが病変は偽関節化した（図 5d）．その 1 ヵ月後に右 L5 にも初期の病変が出現し（図 5e, f），さらに 3 ヵ月後に両側とも偽関節化した（図 5g）．初診から 7 ヵ月で運動に復帰し，現在外来で経過観察中である．

考　　察

年齢別の SBO 合併率として，一般成人は 7.7％[5]，幼児から中学生は 41.2％[4] であり，若年・男児に SBO が多く[4]，また SBO の合併者は腰椎分離症が多いと報告されている[5]．SBO の高位は 15 歳までの患者において L5SBO が 6.4％，S1SBO が 85.1％，S2SBO が 8.5％とされ[4]，本研究でも S1SBO が 81/87 例，93.1％と最多であり年齢，高位ともに過去の報告と同様の傾向を認めた．

腰椎分離症の高位別には，学童期の腰椎分離症において L3, 4 分離の患者には SBO を認めなかったことに対し，L5 分離の患者の 92.6％が SBO を合併していたという報告[2] もあり，本研究でも同様に L5 分離の患者は，L5 以外の分離と比較し SBO 合併率が高かった．L5 分離は疲労骨折のみならず腰仙椎移行部における低形成など先天的要因が含まれ[2]，また SBO の中でも最多の S1SBO と L5 分離との関連に関して，S1 棘突起が欠損することにより L5 が後屈する際の制限要素としての働きが低下し，腰椎伸展時の負荷が増大すると考えられており[6]，L5 分離の発生には SBO が大きな要因となっていると思われる．

腰椎分離症の高位別の骨癒合率は過去の報告と同様に[3, 7]，L5 分離が L5 以外の分離と比較し骨癒合率が低かった．L5 分離は L5 以外の分離と比較し骨癒合率に劣る要因として，L5 は分節動脈が存在せず L4 分節動脈や腸腰動脈から血液供給を受けるため[8]，L4 より高位の椎体と比較すると血流に乏しいことが骨癒合に不利に働くことが類推されている．

また，腰椎分離症の骨癒合と SBO の関連に関しては，過去の報告でも SBO の合併は骨癒合に不利に働く[1] とされているが，本研究では L3 分離，L4 分離は SBO の有無で骨癒合率に差はなく，SBO は必ずしも全ての腰椎分離症の骨癒合率を下げるわけではないと考えられる．一方，L5 分離では SBO 合併群の骨癒合率が低く，その要因として SBO のうち，S1 が最多であることから，L3, L4 分離のように S1 から離れた高位では SBO の影響は少なく，L5 分離にのみ SBO がリスク因子として働くと考えられる．S1SBO は S1 棘突起の欠損により伸展時の負荷が高くなるのと同様に L5-S1 棘間靱帯の機能低下により屈曲時に負荷も高くなり，屈曲・伸展の両方で L5 への負荷を高めると考えられる[9]．保存療法中は，コルセットにより屈曲伸展の動きは大きく制限されるが，コルセット内での微細な運動を完全に制限する

ことは現実的には困難であり，SBO が L5 分離において発生の要因のみならず治癒阻害因子としても作用していると考えられる．

結　　語

L5 分離において，SBO の合併率が高かった．

L3, L4 分離において SBO の有無は治癒阻害因子ではなかった．L5 分離では SBO 合併が治癒阻害因子であった．

文　　献

1）石本立ほか：潜在性二分脊椎併発の有無と片側・両側分離が腰椎分離症治療に及ぼす影響．日臨スポーツ医会誌，26: 442–450, 2018.
2）Sakai T et al: Characteristics of lumbar spondylolysis in elementary school age children. Eur Spine J, 25: 602–606, 2016.
3）酒巻忠範：発育期腰椎分離症　新鮮例に必要なストラテジーとは．整スポ会誌，37: 99–102, 2017.
4）Urrutia J et al: Spondylolysis and spina bifida occulta in pediatric patients: prevalence study using computed tomography as a screening method. Eur Spine J, 25: 590–595, 2016.
5）Sakai T et al: Incidence of lumbar spondylolysis in the general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects. Spine, 34: 2346–2350, 2009.
6）三原唯暉ほか：潜在性二分脊椎は腰椎分離症の予後不良因子であるか？　静岡整形誌，9: 78–85, 2016.
7）Fujii K et al: Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in children and adolescents. The radiological outcome after conservative treatment. J Bone Joint Surg Br, 86: 225–231, 2004.
8）Tezuka F et al: Variations in arterial supply to the lower lumbar spine. Eur Spine J, 25: 4181–4187, 2016.
9）蒲田久典ほか：学童期腰椎分離症の治癒阻害因子の検討．整スポ会誌，40: 6–11, 2020.

野球投手においてキャッチャーミットを見続ける投球動作は球速と障害リスクを変化させるか？

Does the Gaze Behavior during Fastball Pitching Alter the Ball Speed and Risks of Shoulder and Elbow Injuries?

田中　洋[1)]　Hiroshi Tanaka
駒井　正彦[1)]　Masahiko Komai
信原　克哉[1)]　Katsuya Nobuhara
二宮　裕樹[1)]　Hiroki Ninomiya
名越　充[2)]　Mitsuru Nagoshi

●Key words
投球動作，注視行動，投球障害
Baseball pitching：Gaze behavior：Pitching-related shoulder and elbow injuries

●要旨
野球投手はキャッチャーミットをしっかり見続けて投球するよう指導される．本研究は，「ミットをしっかり見る」教示前後の投球動作を動力学的に比較した．ハイレベル野球投手８名の投球動作をモーションキャプチャ・システムで計測し，動力学的パラメータを算出した．ミットをしっかり見る投球動作は，球速が低下し（$P=0.002$），体幹の開始タイミングが早かった（$P=0.003$）．球速で正規化した最大肩内旋トルク（$P=0.32$）および最大肘内反トルク（$P=0.19$）に差はなかった．ミットをしっかり見る投球動作は，肩肘の障害リスクの変化に影響を示さず，さらに球速の低下を生じさせた．

はじめに

野球投手は幼少期から，キャッチャーミットをしっかり見続けて投球するように指導される．その利点として，コントロールの向上や投球フォームの安定があげられる．一方で，これとは相対する「目線を切る」という言葉をしばしば耳にする．こちらもコントロールの向上や球速の向上といった，パフォーマンスにポジティブな影響を与えると言われている．ただし，この相反する２つの動作を定量的に評価した報告はなく，どちらの利点においても経験的側面からの情報となっている．加えて，これらの投球動作が，投球障害の危険因子となる肩や肘に加わるストレスを増加あるいは減少させるかについて明らかになっていない．

本研究は，野球投手に対して「キャッチャーミットをしっかり見続けて投球する」教示を行ない，その前後の投球動作を動力学的に比較し，球速／障害予防の観点から検討することを目的とした．

対象と方法

1．対象

対象は関西六大学野球連盟および日本野球連盟に所属する野球投手８名（大学生７名，社会人１名）とした．対象者の選択基準は，投球時に肩・肘に疼痛がない，整形外科的に肩・肘に疾患が認められない，肩・肘の手術経験がない，３ヵ月以上試合／練習に参加している，そして，オーバーハンドかスリークウォータの投手とした．対象は全て右投げの投手であった．本研究を行なう前に，全ての投手に対して本研究の計測方法とデータの取り扱いについて十分な説明を行ない，参加同意書を取得した（Nobuhara Hospital Institutional Review Board No. J189）．対象者の平均年齢は 20.3±1.5（年齢範囲；

田中　洋
〒679-4017　たつの市揖西町土師 720
信原病院バイオメカニクス研究所
TEL 0791-66-0981/FAX 0791-66-2687
E-mail nobuhara-hp@car.ocn.ne.jp

1）信原病院バイオメカニクス研究所
Nobuhara Hospital and Institute of Biomechanics, Tatsuno, Japan
2）名越整形外科
Nagoshi Orthopaedics, Okayama, Japan

18～22）歳，平均身長は 177.5±4.2 cm，平均体重は 77.6±6.5 kg であった．参加同意書の取得後のアンケートによって得られた対象者の平均最高球速は，147.3±3.8 km/h であった．

2. 投球動作の計測

投球動作の計測は，投球マウンドと本塁を再現した屋内の専用スタジオで行ない，10 台のハイスピードカメラ（Oqus 700＋；Qualisys Inc）と 2 台のハイスピード・ビデオカメラ（Oqus 250＋；Qualisys Inc）を備えた光学式モーションキャプチャ・システムを用いた（図 1）．このシステムは，各ハイスピードカメラが次に記述する赤外線反射マーカの 2 次元位置を撮影し，トラッキング・ソフトウェア QTM（Qualisys Inc）にて自動 3 次元化を行なう．計測のサンプリングレートは 500-Hz とし，球速の計測には超音波速度計（SpeedMax ll；Mizuno Corp）を用いた．マウンドプレートから本塁までの距離は，対象者の競技規定に沿って 18.44 m とした．

投球動作を計測するためにまず，時間制限のないウォーミングアップ（ランニング，ストレッチング，投球練習）を行なった．次に投球側の指先を含む 72 箇所の解剖学的骨特徴点を触診により検出し，直径 14 mm の球形の赤外線反射マーカを貼付した．ただし上半身は裸とし，直接皮膚上に貼付した．皮膚上に貼付が困難な頭部，腰部，足部においては，帽子に 5 個，スパッツ上に 6 個，スパイクに 4 個貼付した．

赤外線反射マーカの貼付後に再び投球練習を行ない，セットポジションからの普段通りの投球動作（Normal Pitching; NP）を連続で 5 球計測し，その後「キャッチャーミットをしっかり見続けて投げる」ように教示，それから教示後のセットポジションからの投球動作（Gaze Pitching; GP）を 5 球計測した．計測した球種は全てストレートであった．

3. 投球動作の運動学・動力学的解析

投球動作の評価項目として，肩，肘，手関節および第 3 中手骨爪先に貼付したマーカの速度，肩内旋速度，肘伸展速度，体幹回旋速度，骨盤回旋速度，およびストライド幅を算出した[1~4]．関節角速度を算出するに当たり，肩関節は体幹に対する上腕の，肘関節は上腕に対する前腕の回転をオイラー角で表現した[5~8]．体幹回旋角度は水平面に投影した角度とし，両肩に貼付したマーカと両上前腸骨棘に貼付したマーカを利用して算出した．骨盤回旋角度は投球マウンドに対する骨盤の回旋とした．加えて，頭部回旋角度を算出し，教示の評価指数とした．頭部回旋角度は水平面に投影した角度とし，両肩に貼付したマーカと左右の目じりに貼付したマーカを利用して算出した．それは，左右の両肩から成るベクトルと左右の目じりから成るベクトルとが平行である時点を基準とし，頭部の左回旋をプラス，右回旋をマイナスで表した．

障害リスクの評価項目として，体幹の回旋開始タイミング[9, 10]，時速 1 km 当たりの肩内旋トルクと肘内反トルクを算出した[1, 2, 5, 6, 11~13]．ただし，体幹の回旋開始タイミングは，ストライド足接地時を基準とした体幹が左回



図 1　光学式モーションキャプチャ・システムを用いた投球動作の計測

旋をする瞬間とし，値が大きくなれば回旋開始タイミングが早い評価となる．肩内旋トルクと肘内反トルクの算出では，逆動力学的に手，肘，肩の順にそれぞれの関節に加わる関節間力を算出し，それらを利用して関節トルクを推定した．その際，各セグメントの慣性特性係数は，阿江らのデータに基づいた[14]．そして，身長，体重，球速を利用して関節トルクを規格化した．関節トルクの評価では，値が大きくなれば時速1 km当たりのトルクが大きくなり，効率が良くないとなる[11]．ただし，推定した関節トルクは関節周りに発揮されるトルクの総和である．これら全ての運動学・動力学的解析には，先行研究の方法論を搭載した投球動作解析システムを用い[15]，計測した全80球の投球動作を解析した．その際，各運動学的・動力学的パラメータの単位は先行研究に応じた[2, 4, 11, 13]．

4. 統計学的検討

「キャッチャーミットをしっかり見続けて投げる」教示前後の投球動作の差が等しいかどうかを，対応のある*t*検定を用いて調べた．これらの統計学的検討にはSPSS（v 15；IBM）を用いた．有意水準は5%未満とした．

結　　果

表1に「キャッチャーミットをしっかり見続けて投げる」教示前後の投球動作中の頭部の平均回旋角度を示す．教示後の投球動作は，ストライド足接地時の左回旋角度が小さかったが，ストライド膝最大挙上，肩最大外旋，ボール・リリース，肩最大内旋では教示前後の投球動作において差はなかった．ただし，教示前の投球動作において，半数の投手は肩最大外旋では頭部は左回旋を示し，それは平均8.1±4.1°であった．加えて，ボール・リリースおよび肩最大内旋では，6名の投手の頭部は右回旋をしていた．

次に，教示前後の運動学的・動力学的パラメータを表2に示す．教示後の投球動作の評価項目は，体幹の最大回旋速度が72°/s，手および指先に貼付したマーカの投球方向の最大速度が1 m/s（3.6 km/h），そして球速が6 km/h低下した．障害リスク評価に関する項目では，教示後の投球動作は体幹の回旋開始タイミングが0.022秒早かったが，肘最大内側関節間力，肩最大内旋トルク，肘最大内反トルクは，教示前後の投球動作において差は

表1　教示前後の投球動作中の頭部の平均回旋角度±標準偏差（95%信頼区間）

特徴時点	NP	GP	*P*-value
ストライド膝最大挙上	66.1°±10.3° (57°, 74°)	67.0°±8.9° (59°, 74°)	0.477
ストライド足接地	67.6°±12.2° (57°, 77°)	57.5°±15.2° (45°, 70°)	0.022
肩最大外旋	−2.3°±11.6° (−12°, 8°)	−4.2°±10.7° (−13°, 5°)	0.481
ボール・リリース	−12.0°±14.3° (−24°, −0.06°)	−14.2°±11.0° (−24°, −4°)	0.463
肩最大内旋	−16.4°±10.3° (−25°, −8°)	−15.7°±10.9° (−25°, −7°)	0.715

NP：通常の投球動作．GP：キャッチャーミットをしっかり見続ける投球動作．頭部回旋角度は，左回旋がプラス，右回旋がマイナス．

表2　教示前後の投球動作中の運動学的・動力学的パラメータ（平均値±標準偏差）

運動学的・動力学的パラメータ	NP（N＝8）	GP（N＝8）	*P*-value
投球動作の評価パラメータ			
球速，km/h	126.5± 5.3	120.9± 4.2	0.002
ストライド幅，%身長	83.1± 5.9	84.6± 6.6	0.102
肩マーカ最大速度，m/s	6.0± 0.7	5.9± 0.8	0.500
肘マーカ最大速度，m/s	13.8± 1.5	13.5± 1.0	0.234
手首マーカ最大速度，m/s	19.1± 1.1	18.5± 1.0	0.013
手マーカ最大速度，m/s	24.2± 1.5	23.1± 1.2	0.005
第3中指爪先マーカ最大速度，m/s	28.8± 1.9	27.8± 1.4	0.013
重心最大速度，m/s	3.7± 0.3	3.6± 0.3	0.351
肩最大内旋角速度，°/s	4985.8±458.3	4886.8±329.8	0.161
肘最大伸展角速度，°/s	2627.3±460.7	2543.8±392.6	0.162
体幹最大左回旋角速度，°/s	967.7±191.1	895.6±192.6	0.015
骨盤最大左回旋角速度，°/s	767.8±131.3	784.7±127.3	0.637
障害リスクの評価パラメータ			
体幹の回旋開始タイミング，秒	−0.002±0.03	0.02±0.02	0.003
肘最大内側関節間力，%体重×球速	32.3 ±5.7	30.5 ± 5.1	0.056
肩最大内旋トルク，%体重×身長×球速	6.0 ±1.1	5.8 ± 0.8	0.192
肘最大内反トルク，%体重×身長×球速	5.2 ±0.7	5.1 ± 0.6	0.318

NP：通常の投球動作．GP：キャッチャーミットをしっかり見続ける投球動作．全ての最大速度の方向は投球方向．1 m/sは3.6 km/hに相当．体幹の回旋開始タイミングは，ストライド足接地を基準とし，プラスはストライド足接地以前，マイナスはストライド足接地以降の開始を示す．

なかった.

考　　察

まず，頭部の回旋パターンについて述べる．教示後の投球動作では，ストライド足接地時の頭部の左回旋角度が小さかった．これは，体幹の回旋開始タイミングが早かったことに起因していると考えられる．体幹の回旋開始タイミングが遅ければ，左肩が三塁方向から投球方向の間を指すため，両肩のマーカから成るベクトルと左右の目じりのマーカから成るベクトルとに差が生じる．しかし，回旋開始タイミングが早ければ，左肩が投球方向から一塁方向間を指すため，両肩のマーカから成るベクトルと左右の目じりのマーカから成るベクトルとの差が小さくなる．教示後の投球動作において，ストライド足接地時の頭部の左回旋角度が小さかったのは．これが理由であると考えられる（図2）．肩最大外旋では，教示前後の頭部の平均回旋角度に差はなかったが，教示後の投球動作より球速が速く障害リスクが同程度である教示前の投球動作では，半数の対象者の頭部は左回旋をしていた．この時点での体幹は左回旋をしており，またその角速度は極大値を迎える．したがって，肩最大外旋では頭部も左回旋位が望ましいのかもしれない．今後，頭部回旋の方向やその量が投球動作にどのような影響を与えるか調査したい.

「キャッチャーミットをしっかり見続けて投げる」教示後の投球動作は通常の投球動作と比べて，投球動作の評価に関する５項目の値が減少し，障害リスク評価に関する１項目の値が増加した.

球速に関しては，体幹の左回旋角速度の大小が，末端の手や第三中指爪先の投球方向への速度に影響を及ぼし，結果として球速に差が生じたと考えられる．これは，近位セグメントの影響を遠位セグメントが受けるセグメント間効果を踏まえれば，妥当な結果であると考えられる[16, 17].

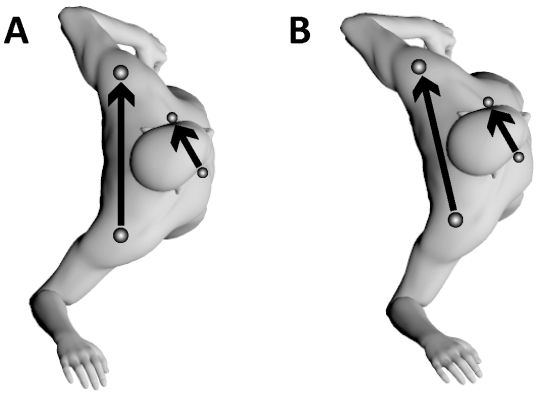


図２　ストライド足接地時における体幹の開始タイミングによる頭部回旋角度変化の概要（水平面像）
A：体幹の開始タイミングが遅い.
B：体幹の開始タイミングが早い.

次に障害リスクについて述べる．体幹の早期回旋は，パフォーマンスの低下および投球障害を引き起こすリスクが増加することが以前より指摘されている[9, 10]．加えて，肩内旋および肘内反トルクは，投球障害と特に関連するストレスとされている[1, 2, 5, 6, 9, 11]．本研究では，教示後の投球動作では体幹の回旋タイミングが早い結果となった．これは教示によって，動作タイミングが異なったためと考えられる．Aguinaldo らは，体幹の回旋開始のタイミングと肘内反トルクの大きさには相関があり，ストライド足接地以前に体幹の左回旋が始まる投手は，ストライド足接地以降に回旋が始まる投手と比べて，肘内反トルクの値が大きかったと述べている[9]．しかしながら本研究では，体幹の回旋開始タイミングが教示前後によって変化したにも関わらず，肘内反トルクの大きさに差はなかった．これは，教示前後の体幹の回旋開始タイミングの差が僅かであり，肘内反トルクの大きさを変化させるほどの差ではなかったためと考えられる．加えて，その他の球速に対する肩と肘が受けるストレスの程度は，教示前後の投球動作において同等であった．つまり，教示後の投球動作は，教示前の投球動作と時速１km 当たりの肩と肘のストレスは同等であるが，球速の低下を生じさせる投球動作であったといえる.

以上より，キャッチャーミットをしっかり見続けるように教示した後の投球動作は，(1) 投球障害リスクとされる体幹の開始タイミングが早いが肩と肘に加わるストレスは同程度，しかしながら (2) 球速が低下する投球動作であることが分かった．ただし，本研究のハイレベルな投手たちが，キャッチャーミットをしっかり見続けて投球することに慣れていないために，それを普段から行なっていないために球速が低下した可能性がある．言い換えれば，ハイレベルな選手は，普段からキャッチャーミットをしっかり見続けて投げる動作ではない可能性が高いと考えられる．水崎らは，制球の正確性が低い投手は，ワインドアップ相から加速相において，同等の視覚情報が必要と述べている[18]．このことより，キャッチャーミットをしっかり見続けないで投球することは，ある程度の制球の正確性が獲得された後に獲得する，あるいは獲得される技術と考えられる．今後は上述した制球の正確性を含め，キャッチャーミットをしっかり見続けて投げる投手への視線に対する介入前後の投球動作の比較を行ないたい

本研究の限界として，投球動作中の視線を直接的に計測しておらず，教示の評価指数として頭部の回旋を参考にしたことがあげられる．今後は，視線を直接的に計測することを導入したい．次に，アンケートによって得られた対象者の平均最高球速よりも，本研究での球速が低下したことがあげられる．これは，屋外での投球動作ではなく，屋内の専用スタジオで投球動作を計測したことが関係すると考えられる[19, 20]．最後に，投球動作中の赤

外線反射マーカの偏位があげられる．これは動作に伴い皮膚上に貼付した赤外線反射マーカが偏位するため，解剖学的骨特徴点の挙動の反映に誤差が生じる．ただしこれは，体表に計測機器を貼付する計測法の避けることのできない限界である．

ま と め

ハイレベルの野球投手 8 名の通常の投球動作，キャッチャーミットをしっかり見続けて投げるように教示された後の投球動作を運動学的・動力学的に比較した．キャッチャーミットをしっかり見続けて投げるように教示された後の投球動作は，肩肘の障害リスクの変化に影響を示さず，さらに球速の低下を生じさせた．

利益相反関係の開示

本研究に関連し，開示すべき利益相反関係にある企業や団体等はない．

文　　献

1）Fleisig GS et al: Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med, 23: 233–239, 1995.
2）Fleisig GS et al: Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. J Biomech, 32: 1371–1375, 1999.
3）Escamilla RF et al: Differences among overhand, 3-quarter, and sidearm pitching biomechanics in professional baseball players. J Appl Biomech, 34: 377–385, 2018.
4）Stodden DF et al: Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: within pitcher variation. J Appl Biomech, 21: 44–56, 2005.
5）Takagi Y et al: Increased horizontal shoulder abduction is associated with an increase in shoulder joint load in baseball pitching. J Shoulder Elbow Surg, 23: 1757–1762, 2014.
6）Tanaka H et al: Estimation of shoulder behavior from the viewpoint of minimized shoulder joint load among adolescent baseball pitchers. Am J Sports Med, 46: 3007–3013, 2018.
7）Wu G et al: ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine. International Society of Biomechanics. J Biomech, 35: 543–548, 2002.
8）Wu G et al: ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. J Biomech, 38: 981–992, 2005.
9）Aguinaldo AL et al: Correlation of throwing mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers. Am J Sports Med, 37: 2043–2048, 2009.
10）Douoguih WA et al: Early cocking phase mechanics and upper extremity surgery risk in starting professional baseball pitchers. Orthop J Sports Med, 3: 2325967115581594, 2015.
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.
12）Urbin MA et al: Associations between timing in the baseball pitch and shoulder kinetics, elbow kinetics, and ball speed. Am J Sports Med, 41: 336–342, 2013.
13）信原克哉：肩　その機能と臨床．第 4 版．医学書院，東京: 349–415, 2012.
14）阿江通良ほか：日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定．バイオメカニズム，11: 23–33, 1992.
15）田中洋ほか：臨床応用を目的とした投球動作解析システムの開発．整スポ会誌，32: 179–186, 2012.
16）Matsuo T et al: Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. J Appl Biomech, 17: 1–13, 2001.
17）Escamilla RF et al: Pitching biomechanics as a pitcher approaches muscular fatigue during a simulated baseball game. Am J Sports Med, 35: 23–33, 2007.
18）水崎佑毅ほか：標的情報を遮蔽するタイミングが野球投手の制球の正確性に及ぼす影響．スポーツパフォーマンス研究，7: 255–266, 2015.
19）Fleisig GS et al: Biomechanical performance of baseball pitchers with a history of ulnar collateral ligament reconstruction. Am J Sports Med, 43: 1045–1050, 2015. doi: 10.1177/0363546515570464
20）Oi T et al: Biomechanical differences between Japanese and American professional baseball pitchers. Orthop J Sports Med, 7: 2325967119825625, 2019.

陸上長距離選手に生じた仙骨疲労骨折の臨床像の検討

Analysis of Clinical Features of Sacral Fatigue Fracture in Long Distance Runners

前園　恵慈　Keiji Maesono

●Key words
疲労骨折，仙骨，陸上長距離選手

●要旨
目的：陸上長距離選手に生じた仙骨疲労骨折について検討すること．
対象と方法：2016 年 1 月から 2018 年 12 月に仙骨疲労骨折と診断された陸上長距離選手 19 例（男性 9 例，女性 10 例）を対象とし，自覚症状，Patrick test，発生高位，MRI で骨折線・仙腸関節の変化，症状出現から jog 開始までの期間について検討した．
結果：自覚症状は腰・殿部痛が多く，Patrick test は 94.7%で陽性であった．発生高位は S1 に最も多く，MRI では骨折線を 12 例，仙腸関節変化を 11 例に認めた．症状出現から jog 開始まで男性で 3.7 週，女性で 3.4 週を要していた．
結語：陸上長距離選手で仙骨・仙腸関節付近に圧痛があり，Patrick test で疼痛が誘発される例では仙骨疲労骨折を疑い MRI 等の追加検査を行なう必要がある．

はじめに

仙骨疲労骨折は，高齢者の骨粗鬆症に伴って日常生活動作（ADL）で骨折が生じる脆弱性骨折（insufficiency type）と若年者のスポーツ活動などのオーバーユースにより発生する疲労骨折（fatigue type）に大別される．陸上長距離選手には疲労骨折が多く発生するが仙骨疲労骨折に対する検討は少ない．今回われわれは陸上長距離選手に生じた仙骨疲労骨折の症状・画像・時間経過について，文献的考察とともに検討した．

対象と方法

2016 年 1 月から 2018 年 12 月に当院を受診し仙骨疲労骨折と診断された陸上長距離選手 19 例（男性 9 例（右 5 例，左 4 例，平均 19.7±8.8 歳），女性 10 例（右 6 例，左 4 例，平均 19.0±2.5 歳））を対象とした．

診断については①明らかな外傷歴がないこと，②仙骨に圧痛があること，③hop test 陽性，④MRI で仙骨に Fredericson 分類 Grade 2 以上または STIR 像で高信号域を認めたもの，以上のすべてを満たすものを仙骨疲労骨折と診断した．hop test は Matheson ら[1]が提唱した手法で患側片脚ジャンプを 10 回行ない疼痛があれば陽性とし，また大西[2]はこれを疼痛がないものを garde 0，疼痛はあるが 10 回跳べるのは grade 1，痛くて数回しか飛べないのは grade 2，ほとんど跳べないのは grade 3 と 4 段階に分けて分類したものを使用した．

それぞれについて自覚症状（主訴），Patrick test，発生高位，画像所見（MRI での骨折線，仙腸関節の信号変化の有無），症状出現から jog 開始までの期間について検討した．自覚症状（主訴）は患者の訴えをもとに“腰が痛い”を腰痛，“お尻が痛い”を殿部痛，“腰からお尻にかけて痛い”を腰殿部痛，“骨盤が痛い”を骨盤部痛とした．MRI は仙骨疲労骨折が疑われた場合腰椎に仙骨までを含めた撮像範囲となるよう指示し撮影した．治療は全例安静と hop test による運動量コントロールによる保存的加療を行なった．jog 開始基準については hop test grade 0，圧痛消失，Patrick test で疼痛なし，以上のすべてをクリアすることとした．

統計学的処理にはフィッシャーの直接確率検定を使用した．

前園恵慈
〒 890-0064　鹿児島市鴨池新町 11-23
今村総合病院スポーツ整形外科
TEL 099-251-2221/FAX 099-250-6181

今村総合病院スポーツ整形外科
Department of Orthopedic Sports Medicine Imamura General Hospital

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

結　　果

自覚症状（主訴）については男女とも腰・殿部痛が多く骨盤部痛を呈するものもあったがいずれも非特異的自覚症状であった.

Patrick test については 19 例中 18 例（全体の 94.7%）で陽性であった.

発生高位については 19 例中 14 例（男性 7 例，女性 7 例）が S1 発生しており，複数高位にわたる例（S1〜2: 3 例，S1〜S4: 1 例）もあった.

画像所見について MRI で骨折線は 19 例中 12 例（男性 6 例，女性 6 例）に認めた（図 1a）が有意差はなく，他の 7 例は骨折線はなく仙骨骨髄内に高信号を認めるのみであった．仙骨疲労骨折に加えて仙腸関節変化を認めたものは 19 例中 11 例（男性 3 例，女性 8 例）で女性に有意に多く認めた（図 1b）.

症状出現から jog 開始までの期間については男性で平均 3.7±1.6 週（2.7〜7.9 週），女性で平均 3.4±1.1 週（2.5〜6.0 週）と男女とも 3〜4 週を要していた.

考　　察

仙骨の解剖について，5 個の仙椎は癒合して 1 個の仙骨となっており，逆三角形の形態で前方に弯曲かつ傾斜しており主に大殿筋，梨状筋が付着している．二足直立位では体重は仙骨上部から仙腸関節・分界線に沿って前方に移り寛骨臼から大腿骨に伝達される（図 2）[3]．体幹の荷重は L5 を介して仙骨翼から腸骨へ伝えられ下肢から股関節を介し骨盤に伝達された床反力と釣り合う[4]．上方からの負荷は仙骨前方を下方に圧するとともにその上縁を前下方に下端を後方に向かって回転させるように作用しそれを仙結節靱帯と仙棘靱帯とで防いでいる[5]．

スポーツ選手の仙骨疲労骨折に関しては 1984 年に Fink-Bennett ら[6] が長距離走者での発症例を報告したのが最初である．本邦では 2000 年の報告以来 30 例程度の報告があり，諸家の報告では 20 歳代が多く女性にやや多いとされる．今回のわれわれの検討では 10 歳代に多く男女差はなかった.

発生高位に関しては S1 に多かったが，S1 は荷重ストレスが最初にかかる部位であることや長時間走行により脊柱からの圧迫力が長時間かかり続けること，仙骨回転運動の起点[3] となり負荷がかかりやすいことが考えられた.

自覚症状に関して，Johnson[7] らは腰部・殿部・股関節周辺の比較的広範囲な疼痛にて発症するとし，阪田[8] は運動時の殿部を中心とした腰から大腿の痛みを主訴としている．一方福島[9] は特異的なものはないとしている．われわれの検討でも，腰から殿部にかけての疼痛の訴えが多かったが特異的なものはなく，非特異的腰部〜殿部痛を呈する例では腰椎精査だけでなく仙骨も含めた精査を考慮する必要があると考えられた.

理学所見では，阪田[8] は仙腸関節の圧痛・仙腸関節負荷テスト（片脚起立時痛，Patrick test）は，陽性であったとしている．われわれの検討では 1 例を除き Patrick test で仙骨周囲に疼痛が誘発されていた．腰〜殿部痛があり Patrick test 陽性例では仙骨疲労骨折を疑う必要があると考えられた.

画像所見（MRI）に関して，仙骨疲労骨折に加えて仙

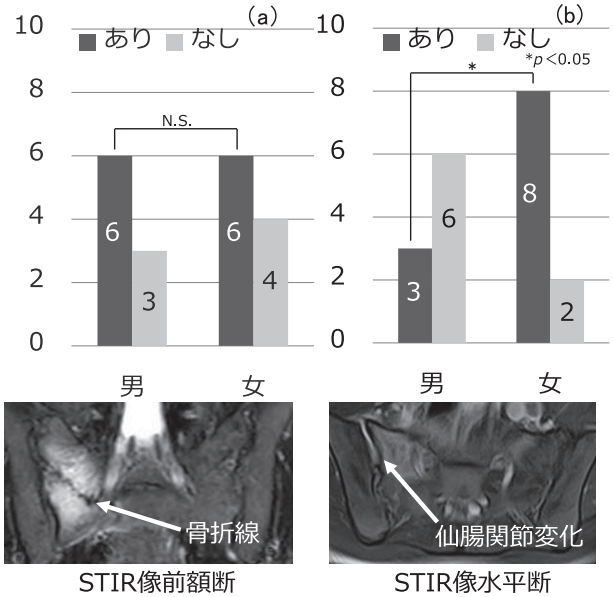


図 1　画像所見
(a)：STIR 像前額断による骨折線の有無について．骨折線ありは 12 例（男性 6 例，女性 6 例）.
(b)：STIR 像水平断による仙腸関節変化の有無について．仙腸関節変化ありは 11 例（男性 3 例，女性 8 例）.

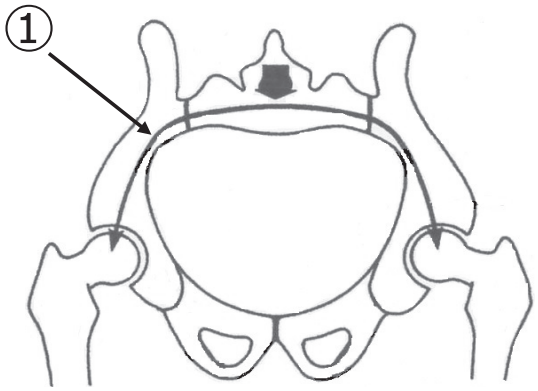


図 2　骨盤の荷重分散
①：二足直立位では体重は仙骨上部から仙腸関節・分界線に沿って前方に移り寛骨臼から大腿骨に伝達される.

腸関節変化を同時に認める例が多く有意に女子選手に多かったが，その原因について今回は明らかにすることができなかったため内的因子・外的因子を含めてさらなる検討が必要であると考えた．また，自覚症状・理学所見だけでは仙腸関節炎例と仙骨疲労骨折・仙腸関節炎合併例を区別することが困難であり，鑑別のためにはMRIが必須であると考えた．

時間経過に関しては症状改善からjog開始までの期間について男女とも3〜4週を要しており，期間短縮のためには早期診断が重要であると考えた．復帰にあたって阪田[8]は疼痛に応じたトレーニングの休止および制限のみで十分であり治療開始後3〜5ヵ月程度でスポーツ復帰可としていた．jog開始については，X線での治癒判定は難しく，また頻回にMRIを撮影することは保険診療上難しいため，われわれはhop testを利用し経過観察においてその都度陽性でないことを確認するようにしている．

今後の課題としては症例数を増やしリスクファクターについての検討や，走行量や骨密度など男女別の特徴についての検討が必要であると考えた．

結　　語

・陸上長距離選手の仙骨疲労骨折について検討した．
・明らかな外傷歴がなく腰殿部痛を訴える選手で仙骨・仙腸関節付近に圧痛があり，Patrick testで疼痛が誘発される例では仙骨疲労骨折を疑い可及的速やかにMRI等の追加検査を行ない診断が遅れないようにする必要がある．

利 益 相 反

論文投稿に関連し，開示すべきCOI関係にある企業等はない．

文　　献

1）Matheson GO et al: Stress fractures in athletes. A study of 320 cases. Am J Sports Med, 15: 46–58, 1987.
2）大西純二：陸上競技走種目における疲労骨折の疫学．臨スポーツ医，33: 352–356, 2016.
3）伊藤隆：解剖学講義．南山堂，東京: 417, 1983.
4）萩島秀雄（監訳），嶋田智明（訳）：カパンディ関節の生理学Ⅲ―体幹・脊柱．医歯薬出版，東京: 50, 1986.
5）伊藤隆：解剖学講義．南山堂，東京: 411–412, 1983.
6）Fink–Bennett DM et al: Unusual exercise–related stress fractures. Two case reports. Clin Nucl Med, 9: 430–434, 1984.
7）Johnson AW et al: Stress fractures of the sacrum. An atypical cause of low back pain in the female athlete. Am J Sports Med, 29: 498–508, 2001.
8）阪田武志：MRIで診断し得た若年スポーツ選手における仙骨疲労骨折の2例．日臨スポーツ医会誌，15: 287–290, 2007.
9）福島斉：陸上長距離選手に発症した仙骨疲労骨折の一例．日臨スポーツ医会誌，12: 502–505, 2004.

初発前思春期投球肘内側障害の高分解能 MRI とその病態

High-resolution MRI and the Mechanism of on the Initial Pre-puberty Little Leaguer's Elbow

小川　健[1, 2] Takeshi Ogawa
辰村　正紀[1, 2] Masaki Tatsumura
平野　篤[1] Atsushi Hirano
馬見塚尚孝[3] Naotaka Mamiduka
万本　健生[1, 2] Takeo Mammoto
山崎　正志[2] Masashi Yamazaki

●Key words
投球肘内側障害，高分解能 MRI，前思春期野球選手

●要旨
初発前思春期投球肘内側障害例の高分解能 MRI を調査した．対象は，発症から 4 週間以内に MRI 撮像できた 15 例である．単純 X 線で異常を認めたのは 15 例中 9 例のみであったが，MRI では全例異常所見を呈していた．骨化核の異常が 12 例，軟骨膜の偏位が 12 例うち途絶は 9 例，尺側側副靱帯（UCL）またはその周囲組織損傷は 14 例，鉤状結節の異常は 7 例であった．前思春期の投球肘内側障害は，骨化核に形態学的な異常を認めずとも，骨化していない軟骨およびそれを取り巻く軟骨膜の異常と，UCL のたるみや信号上昇，そして周囲の軟部組織損傷が主体であり，その初発例は急性損傷の可能性が示唆された．

目　　的

投球肘内側障害は，主に成人期に認められる尺側側副靱帯（UCL）損傷や尺骨神経障害と，主に成長期に認められる未熟な骨軟骨障害に分けて論じられてきた[1]．このうち成長期の投球肘内側障害の病態は主に単純 X 線所見を参考として検討され，上腕骨内側上顆下端に裂離骨片を認める外傷説[2]と，いわゆる骨端症の所見を呈す障害説[1, 3]が提唱されてきた．また，柏口は，外傷説と障害説は連続したボーダーのないものであるとした説を提唱している[4]．

さらに，近年の MRI のモダリティーの進化や撮像法の向上による高分解能化により[5, 6]，これまで困難であった成長期投球肘内側障害例の軟骨膜，軟骨，靱帯などの軟部組織にも異常所見を認めることが明らかにされてきた[7, 8]．また，成長期投球肘内側障害例の初発例[9]と再発例[10]において MRI 所見に違いがあることなど，初発と再発という病期によって病態解明を目指す病期説が報告された．塚越らは，初発例は未熟な内側上顆の軟骨膜，軟骨，骨化核の脆弱部が一期的に裂離する損傷または骨折が生じ，裂離部に付着する尺側側副靱帯がたるんだことが主なメカニズムであることを提唱した[9]．また，吉沢らは，再発例は初発で生じた未熟な上腕骨内側上顆の治癒的変化による変形治癒像と，その結果相対的な力学的脆弱部位が UCL に変わったことによる靱帯損傷が本態であると提唱した[10]．

一方，投球肘内側障害が好発する成長期は，その生物学的年齢に応じて骨化の程度が変わるため[11, 12]，成長程度別に投球肘内側障害の病態を検討する必要があると考

小川　健
〒 310-0015　水戸市宮町 3-2-7
茨城県厚生連総合病院水戸協同病院
TEL 029-231-2371/FAX 029-221-5137

1）筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター/茨城県厚生連総合病院水戸協同病院
Department of Orthopaedic Surgery, Tsukuba University Hospital Mito Clinical Education and Training Center
2）筑波大学医学医療系整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tsukuba
3）ベースボール & スポーツクリニック
Baseball & Sports Clinic

えられる．そこで本研究では，第二次性徴開始前の前思春期で初発例に限定し，高分解能 MRI を調査した．さらにその特徴を分析し，投球肘内側障害の病態を考察することが本研究の目的である．

方　　法

2011 年 6 月～2019 年 4 月の期間に投球時の肘内側部痛を訴え，当院を受診した前思春期の野球選手は 45 例であった．今回，前思春期を小学 3～4 年生と定義した．その内，肘痛再発例 6 例，打撃時発症の 2 例，発症日時が明瞭でない 7 例，また発症から MRI 撮像までの期間が 4 週間以上であった 15 例は，画像所見に治癒的変化が含まれると予測されるため対象から除外し，本研究では初発例として 15 例を調査対象とした（全例男性，平均年齢 9.5 ± 0.5 歳）．評価項目は単純 X 線所見，高分解能 MRI 所見とした．MRI は臨床用 1.5T または 3T 装置（MAGNETOM symphony, SEAMENS, München, Germany）を用いた．撮像肢位は肘関節伸展位とし，肘内側部に小径表面コイル（Loop Flex Coil, SEAMENS, München, Germany）を装着して撮像した．撮像条件は，FSE プロトン密度強調画像（PDWI），GRE T2*強調画像（T2*WI），T2 強調脂肪抑制画像（T2FSWI）の冠状断（FOV60*60 mm, slice 厚 1.5 mm/gap 0.3 mm）の前額面画像とした．MRI の評価は，上腕骨内側上顆の骨化核と軟骨膜・内側側副靱帯前斜走線維（UCL）・鉤状結節の形態と信号異常とした．形態異常の診断は T2*WI または PDWI で行ない，信号異常の評価は T2FSWI で行なった．ここで軟骨膜とは，高分解能 MRI を用いて健常例前思春期の上腕骨内側上顆を描出すると，骨化核とその周囲の軟骨を覆うように認める低信号線を指す[6, 7, 13]．読影は，2 名の整形外科専門医がそれぞれ独立して行ない，読影所見に違いがあれば合議したものとした．

結　　果

単純 X 線写真では，上腕骨内側上顆の骨化核に分離または裂離像を 15 例中 9 例で認めた．他の 6 例には異常所見を認めなかった．高分解能 MRI ではすべての症例になんらかの異常を認め（図 1），骨化核に裂離を認めた例は 9 例，高信号を認めたのは 12 例，軟骨膜の偏位（図 2）は 12 例，途絶（図 3）は 9 例に認めた．軟骨膜の異常を認めなかった症例は 3 例のみであった．UCL のたるみ（図 4）等の形態異常は 12 例に認め，靱帯内の信号上昇は 12 例，靱帯周囲組織の信号上昇（図 5）は 13 例に認めた．鉤状結節では軟骨下骨の高信号を 7 例に認めた．異常所見は，骨化核・軟骨膜・UCL・鉤状結節のいずれか 2 か所以上に及んでいた．

考　　察

本研究では，前思春期の急性発症投球肘内側障害例の単純 X 線画像，高分解能 MRI を調査した．単純 X 線に異常を認めない例が 4 割存在した．MRI 所見は，軟骨膜の途絶や偏位，内側上顆骨化核裂離，UCL のたるみ等，何らかの所見を全例で認めていた．

まず前思春期の急性発症投球肘内側部痛例の画像所見の特徴を考察する．MRI での軟骨膜の途絶や偏位，内側上顆骨化核裂離，UCL のたるみといった所見は，肘関節の内側支持機構近位部の損傷と遠位への偏位を意味し，肘関節外反ストレスへの抵抗性が低下している状態

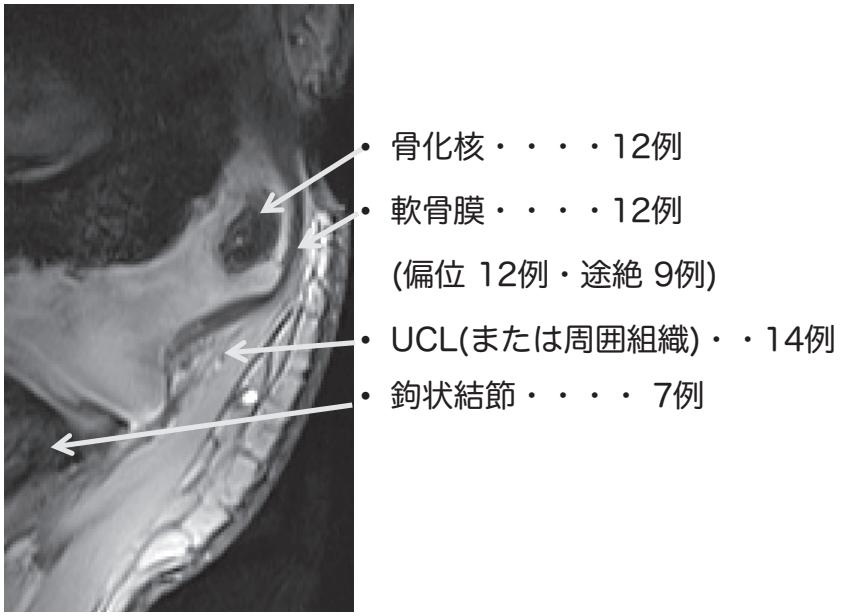


図 1　損傷部位別の延べ症例数（全 15 例中）

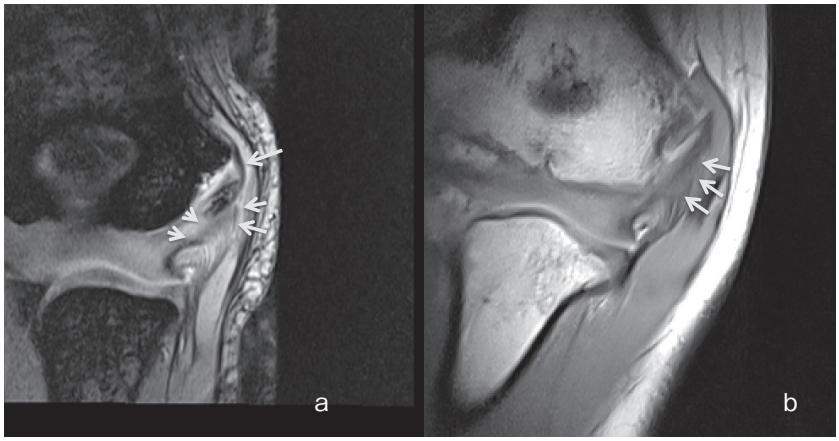


図２　a：T2*WI.
b：PDWI.
矢印：軟骨膜偏位.

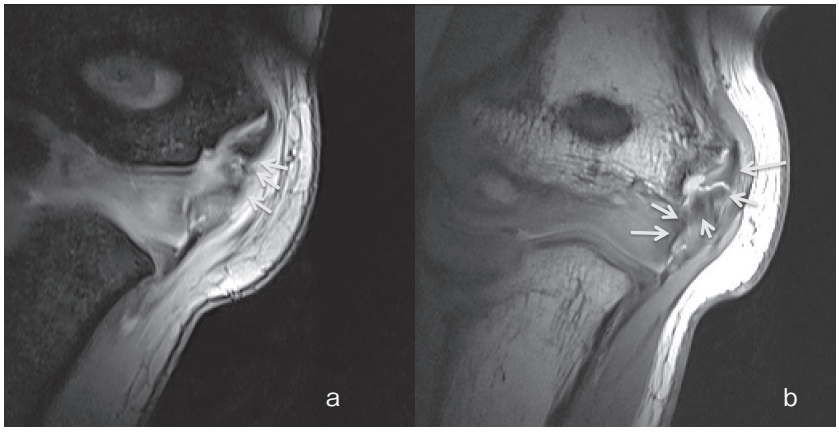


図３　a：T2*WI.
b：PDWI.
矢印：軟骨膜断裂.

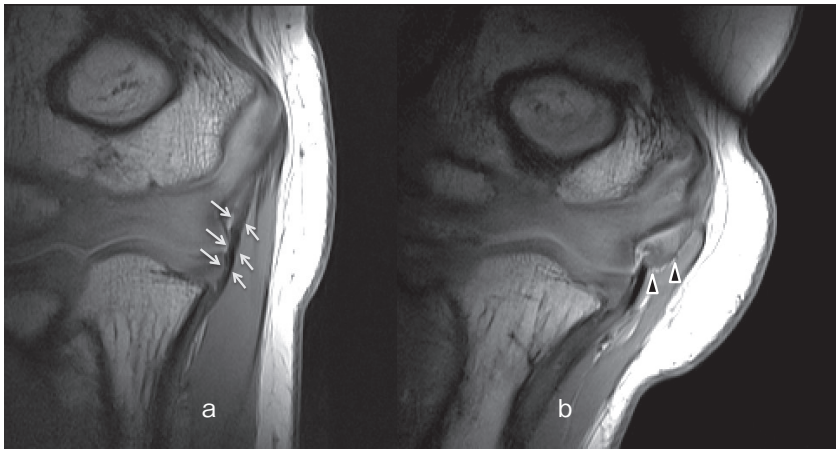


図４　肘尺側側副靱帯（UCL）形態変化（PDWI）
a：正常例．矢印：UCL.
b：UCL たるみ．矢頭：あたかも弛んだような形態異常を示した UCL.

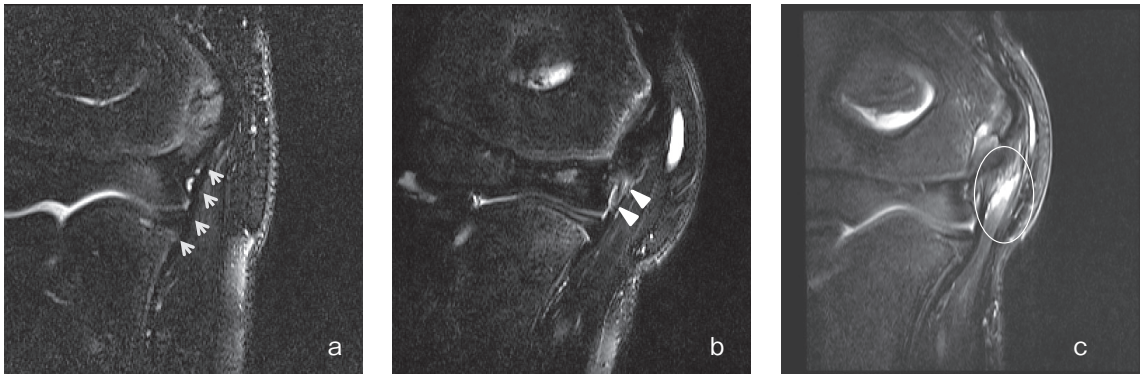


図 5　肘尺側側副靱帯（UCL）靱帯内信号変化（T2FS）
a：正常例．矢印：UCL.
b：（矢頭）UCL 実質内の高信号域.
c：（楕円）UCL 靱帯周囲組織の信号上昇.

表 1　MRI 所見とその有所見率の比較

	本研究 n＝15	塚越ら[9] n＝23	吉沢ら[10] n＝15	荻本ら[14] n＝13
対象年齢 発症から MRI までの日数	9〜10 歳 18±4 日	9〜12 歳 39±14 日	平均 11.1 歳 39±18 日	9〜14 歳
骨化中心 高信号	80%	100%	100%	
骨化中心 裂離	60%	91%	7%	100%
軟骨膜 偏位	80%	91%	27%	100%
軟骨膜 途絶	60%	39%	7%	100%
UCL 形態異常	80%	61%	73%	
UCL 内 高信号	80%	—	100%	100%
UCL 周囲 高信号	87%	83%	100%	
鉤状結節 高信号	47%	65%	80%	

であると推察される．本研究では単純 X 線および MRI 所見とも骨化核に裂離所見を認めたのは 15 例中 9 例のみであり，前思春期のような上腕骨内側上顆の骨成熟が未熟な投球肘内側障害例は，単純 X 線写真で異常を認めなくとも内側支持機構が損傷している場合が多いことを示していた．また，UCL がたるんだ所見は将来的な肘内側不安定性につながる可能性も示唆される．これらの所見から，前思春期の急性期投球肘内側障害例は MRI やエコーなど単純 X 線以外の画像検査を追加して肘内側支持機構の状態を診断することや，早期のシーネ固定またはギプス等で肘関節部を安定化させる治療が望ましいと考えられる．

次に前思春期初発例の病態を考察する．軟骨膜の途絶の原因としては，これまで投球肘内側障害のメカニズムとして議論されてきた外傷説と障害説，そしてそれらが連続しているとの説が参考になる．骨端症のように繰り返し力学的ストレスが作用した場合は，軟骨膜はその修復作用が生じる可能性があり，本症例の軟骨膜の途絶例のような所見を呈す可能性は低いと考えられる．本研究では，同じく初発例を報告した塚越らの例より軟骨膜途絶を呈す割合が多かったが，発症から MRI 撮像までの期間に違いがあり受傷後の軟骨膜修復の程度に違いがあることが要因であると推察する（表 1）．また，上腕骨内側上顆の骨化核に損傷を認めた症例は裂離が 15 例中 9 例，高信号が 12 例と，塚越らの初発例の報告[9]や吉沢らの再発例の報告[10]，荻本らの報告[14]に比べて少ない（表 1）．これは軟骨膜の途絶部から続く軟骨の損傷は骨化核の遠位に認める例が示すように（図 3），前思春期では骨化核が小さいために軟骨部に損傷が及んだことが理由と推察される．このように，MRI で見られた軟骨膜の途絶と偏位，UCL のたるみは一期的な外力で発生すると考えられ，投球肘内側障害の初発例の病態は急性損傷によるものと推察した．

本研究の限界としては，まず症例数が少ないことである．治癒性変化を最小限にするため発症から MRI 撮像までの待機期間を 4 週以内としたため，除外症例が増えたことが症例数の低下につながったが，厳密な病態を考察するうえでは致し方ないと考える．そして対象が小学 3〜4 年生であるため病歴聴取における信頼性の低さがあげられる．本調査でも発症日時が明瞭でない 7 例を除外している．発症のエピソードなど親の回答に頼る部分も多く，今後の課題である．

結　　語

前思春期の初発投球肘内側障害 15 例の高分解能 MRI を解析し，その病態は急性損傷であると推察した．

単純 X 線で異常を認めた症例は 15 例中 9 例のみであり，投球肘内側障害は軟部組織損傷も念頭に診断・治療に当たるべきである．

文　　献

1）Pappas AM: Elbow problems associated with baseball during childhood and adolescence. Clin Orthop Relat Res, 30–41, 1982.
2）Tullos HS et al: Lesions of the pitching arm in adolescents. JAMA, 220: 264–271, 1972.
3）Yoshizawa T et al: Normal imaging laterality on magnetic resonance imaging of the medial epicondyle of the elbow on the dominant side of adolescent male baseball players. Skeletal Radiol, 47: 1237–1244, 2018.
4）柏口新二：骨成長と内側支持機構の外傷・障害．山崎哲也ほか（編集），肘実践講座よくわかる野球肘　肘の内側部障害―病態と対応―．全日本病院出版会，東京: 39–41, 2016.
5）馬見塚尚孝ほか：成長期の投球肘障害　マイクロスコピーコイルを用いた成長期内側型投球肘障害の高分解能 MRI 画像評価（会議録）．整スポ会誌，27: 109, 2007.
6）馬見塚尚孝ほか：急性発症した初発例内側野球肘は急性複合組織損傷である（会議録）．日整会誌，85: S371，2011.
7）馬見塚尚孝ほか：小児整形外科疾患　診断・治療の進歩　診断・評価の進歩　MRI 投球肘障害の高分解能 MRI．別冊整形外，2–6, 2013.
8）馬見塚尚孝：成長期肘内側支持機構の高分解能 MRI 検査と読影．山崎哲也ほか（編集），肘実践講座よくわかる野球肘　肘の内側部障害―病態と対応―．全日本病院出版会，東京: 59–68, 2016.
9）塚越祐太ほか：学童期初発野球肘内側障害の MRI．整スポ会誌，37: 154–157, 2017.
10）吉沢知宏ほか：学童期再発野球肘内側障害の MRI．整スポ会誌，38: 112–116, 2018.
11）柏口新二：肘内側上顆の骨化進行過程．山崎哲也ほか（編集），肘実践講座よくわかる野球肘　肘の内側部障害―病態と対応―．全日本病院出版会，東京: 2–9, 2016.
12）Wei X et al: The postnatal development of the insertions of the medial collateral ligament in the rat knee. Anat Embryol（Berl）, 193: 53–59, 1996.
13）Laor T et al: It's time to recognize the perichondrium. Pediatr Radiol, 50: 153–160, 2020.
14）荻本晋作ほか：上腕骨内側上顆下端障害の高分解能 MRI と X 線変化．日肘関節会誌，23: 354–357, 2016.

中学生に対する学校運動器検診における スポーツ障害の特徴

Feature of Sport Related Disorder in Junior High School Student Established by Musculoskeletal Screening

門脇　俊　Masaru Kadowaki　　山本宗一郎　Soichiro Yamamoto
内尾　祐司　Yuji Uchio

●Key words
スポーツ障害，運動器検診，学校健診

●要旨
学校運動器検診の結果から中学生のスポーツ障害の特徴について述べる．5年間で中学生のべ1,769名を対象に運動器検診を実施し問診と身体所見からスポーツ障害を推定した．スポーツ障害の推計有病率は16%に上り，膝疾患が42%を占めていた．1年生時の初回検診時に13%の生徒がすでにスポーツ障害をかかえており，検診時にスポーツ障害のなかった生徒の15%は翌年に新規にスポーツ障害を発症していた．スポーツ障害のある生徒を減らすには，すでに罹患している生徒の改善と新規発症の予防とが必要である．検診時にスポーツ障害のあった生徒，およびなかった生徒両者に対して保健指導および事後措置を講じるべきである．

はじめに

学校における運動器検査（学校運動器検診）の結果から児童・生徒の運動器疾患有病率は10～20%と高く，そのうちスポーツ傷害（障害・外傷）が約半数を占めることがわかってきた[1~3]．これに対し2016年には法改正により学校における健康診断での運動器検査（いわゆる運動器検診）が義務化され，学校における運動器疾患やスポーツ傷害の検出，早期発見と医療機関への受診という一定の役割が果たされていると推察される．しかし，現行の検診だけでは事後措置によって既存疾患の治癒は望めても新規発症の予防は期待できない．学校運動器検診を発展させスポーツ傷害の予防にまで活用するためには，新規に発症しているスポーツ傷害の現状を把握する必要がある．

本研究の目的は学校運動器検診の結果から，中学生のスポーツ傷害のうち障害についての特徴を明らかにすることである．

対象と方法

平成25年～29年に学校運動器検診を実施した島根県内中学校4校の生徒のべ1,769名を対象とした．運動器検診は全期間で6月上旬に実施した．運動器検診の方法は，まず当科で独自に作成したマークシートを用いたスクリーニングにより要精査者を抽出した．マークシートでは「からだを反らしたり曲げたりすると腰に痛みがありますか」「うで・あしに痛みのあるところがありますか」「うで・あしに動きのわるいところがありますか」といった項目があり，1項目でもチェックのあるもの全員を要精査対象者とし整形外科専門医が直接検診を行なった．直接検診では問診によりスポーツ活動と症状の関連を明らかにし，身体所見からスポーツ傷害の疾患名を推定した．スポーツ傷害のうち外傷を除いたいわゆるスポーツ障害のみを対象とし，評価項目はスポーツ障害の有病率，スポーツ障害の発生部位，スポーツ障害の発症時期とした．各年度の有病率は検診時点でスポーツ障

門脇　俊
〒693-8501　出雲市塩冶町89-1
島根大学医学部整形外科学教室
TEL 0853-20-2242
E-mail masaru11@med.shimane-u.ac.jp

島根大学医学部整形外科学教室
Department of Orthopaedic Surgery, Shimane University School of Medicine

害を発症している生徒の割合であり，発症時期については入学時点ですでに発症している割合，スポーツ障害のなかった生徒の中から翌年の検診時点でスポーツ障害を発症している割合を算出した．すべて検診時点での推計有病率であり，検診前後で発症して検診時には治癒したものは含まれないため罹患率ではない．

結　　果

マークシートによるスクリーニングでは 1,769 名中 650 名（37％）が直接検診の対象と判定された．整形外科専門医の直接検診により 423 名が運動器疾患と判定され推計有病率は 24％であった．運動器疾患のうち 287 名（67％）がスポーツ障害であり，推計有病率は 16％であった（図 1）．

スポーツ障害の部位は膝が 42％と最も多くを占め，以下脊椎が 21％，足・足関節が 17％，肘 9％，肩 5％と続いた（図 2）．膝疾患のうち，オスグッド・シュラッター病やジャンパー膝といった膝伸展機構の障害の疑いが 71％に達していた．脊椎疾患はすべて腰部障害であり，伸展時痛・回旋時痛を伴い腰椎分離症（疲労骨折）の疑いとされたものが 72％を占めていた．

スポーツ障害の発症時期について，中学校入学時点の初回検診時に各年度 9～16％，全期間平均では 13％の生徒がすでにスポーツ障害をかかえていることがわかった（図 3）．また，検診時にスポーツ障害のなかった生徒のうち，各年度 11～21％，全期間平均で 15％が翌年の検診時に新規にスポーツ障害を発症していることがわかった（図 4）．入学後に新規で発症したスポーツ障害を部位別にみると，膝疾患は 34％と全体での 42％に対してやや少なく，脊椎疾患は 31％で全体での 21％より多かった．全体でも新規発症でみてもこの両者で 60％以上を占めていた（図 5）．

考　　察

本研究の結果から，中学校入学時点ですでにスポーツ障害を抱えている生徒が 13％，運動器検診でスポーツ障害がなかった生徒の 15％が翌年に新規に発症することがわかった．これらは運動器検診を実施するだけでは対応できず，発症予防策を講じる必要がある．われわれが過去に実施した運動器検診の結果から，検診時に異常なしとされた生徒の中にも柔軟性不足やアライメント不良といった身体機能不全のある生徒が多いことがわかっている[2]．各地の運動器検診の結果からも子供たちの柔軟性不足や運動機能不全が指摘されており[4~6]，これらがスポーツ障害の予備軍であると推定され，新規発症を予防するためには検診でスポーツ障害として対処された生徒以外への予防的介入が必要といえる．本研究では新規に発症したスポーツ障害の 60％を膝疾患と脊椎疾患が占めるという特徴が明らかとなり，その中では膝伸展機構障害，腰椎疾患が多いと推定されている．これらは柔軟性不足やアライメント不良が発症原因であるとされており[7~9]，やはり発症予防のためには原因となり得る身体機能不良の改善が必要であるといえる．対策としては生徒全体に対してコンディショニング等の保健指導を実施することが想定されるが，整形外科医が定期的に学校へ訪問することはマンパワーの問題から現実的ではない．そこで運動器の健康・日本協会ではスクールトレーナー制度を提唱しており，理学療法士等の医療専門職を学校に派遣して運動器検診の補助や教員への保健指導の任に当たらせることを想定している．われわれはこのスクールトレーナー制度を見据えて過去に整形外科医と理

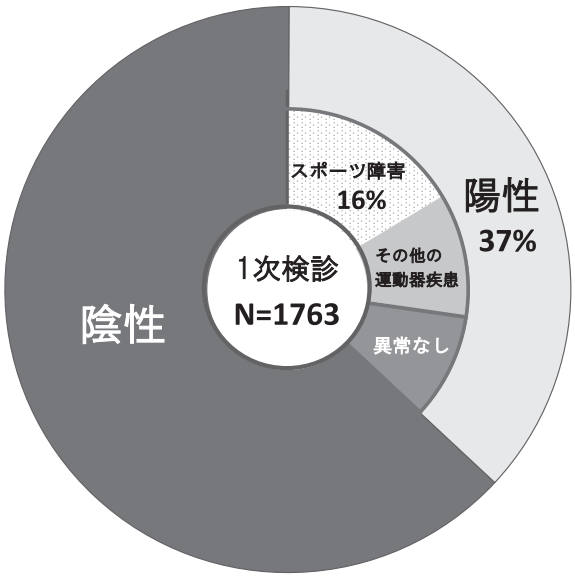


図 1　運動器検診の結果

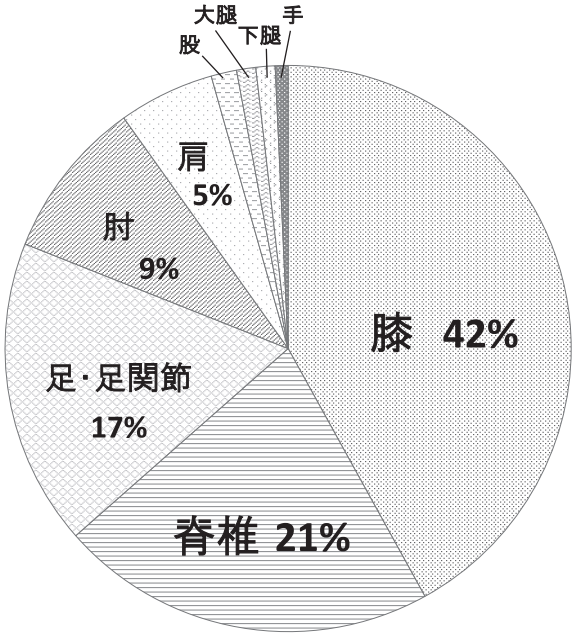


図 2　スポーツ障害の部位別割合

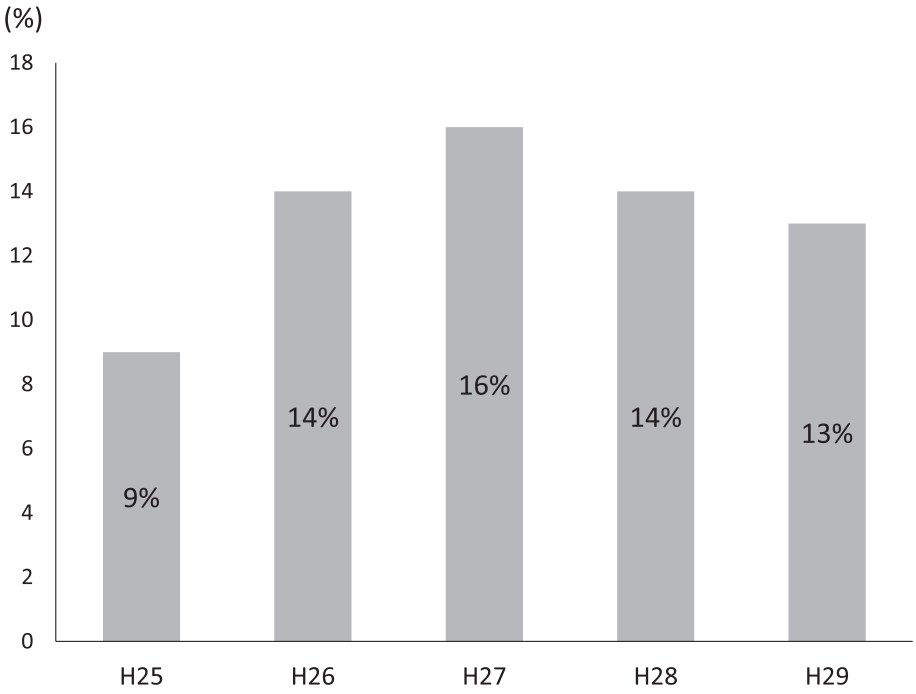


図３　入学時点でのスポーツ障害有病率

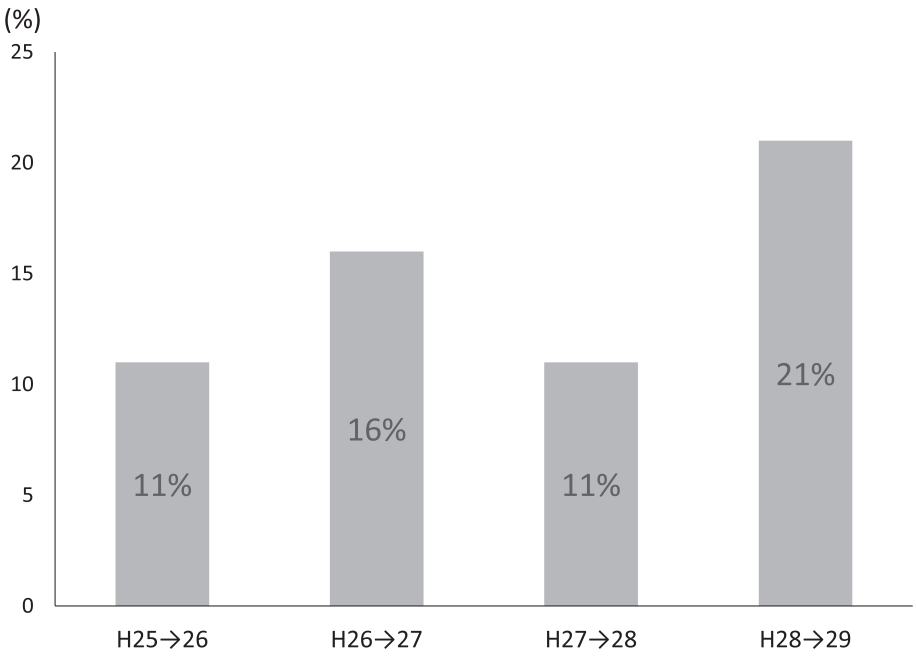


図４　スポーツ障害でない生徒が翌年に新規に発症する割合

学療法士で学校へ訪問して運動指導を実施することの有効性を検証した．中学校へ月に１回訪問して体育の授業１コマ 45 分で静的ストレッチの方法を指導したところ，3 ヵ月後に柔軟性が改善するという成果が得られた[10]．また，検診で検出されたスポーツ障害に対して，整形外科専門医による検診と事後措置だけでは約半数が翌年にスポーツ障害が治癒していないことがわかっている[2]．これに対してもわれわれはスクールトレーナーの業務を想定して学校運動器検診に理学療法士を帯同させる試みを開始している．整形外科専門医の直接検診でスポーツ障害と判定された生徒に対し，医師の指示の下で理学療法士がその場でコンディショニング指導を実施するもので，柔軟性やアライメントの評価の結果からストレッチや筋力訓練の方法を伝授し自らで継続して実施するように促している．

このようにスクールトレーナーを活用することで，運動器検診の事後措置としての個別指導，定期訪問による全体指導と運動器検診のフォローアップという一連の体系が構築され，新規発症の予防と既存疾患への対応が可能となることが期待される．他の研究グループでも健康

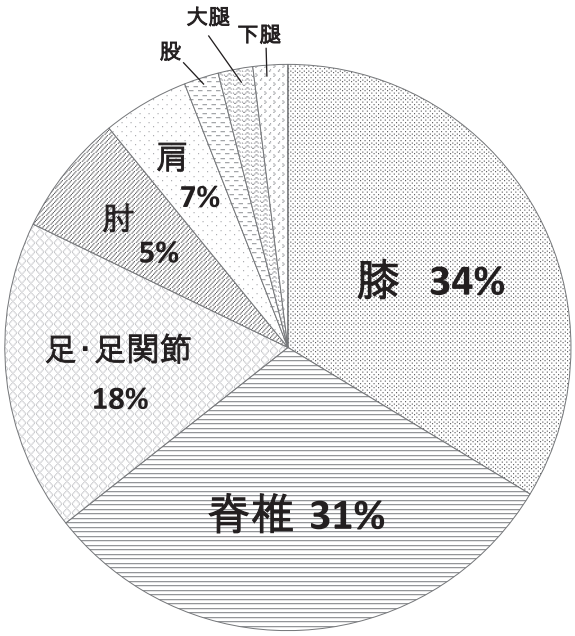


図５　入学後新規に発症したスポーツ障害の部位別割合

手帳を活用したスポーツ障害の予防や[5]，スポーツ障害のリスク因子を評価することによる予防へのアプローチ[6]など，全国各地で学校におけるスポーツ障害への対策が進められている．より効果的な介入方法を明らかにするためにさらなる検討を進めていく必要がある．

結　　語

中学生のスポーツ障害は膝疾患，脊椎疾患が60％以上と多くを占め，スポーツ障害のなかった生徒の15％が翌年に新規にスポーツ障害を発症した．

文　　献

1）葛尾信弘ほか：学校における運動器検診体制の整備モデル事業．平成19年度「学校における運動器検診体制の整備モデル事業」報告書．「運動器の10年」日本委員会（編集），55–108, 2008.
2）門脇俊ほか：中学生に対する学校運動器検診におけるスポーツ傷害の特徴と事後措置の課題．日臨スポーツ医会誌，26: 12–16, 2018.
3）帖佐悦男：子どもには運動（外遊び）が必要　なぜ子どもの頃からロコモ予防が必要か（平成28年度からの学童期運動器検診の開始を受けて）．臨スポーツ医，34: 82–84, 2017.
4）柴田輝明：運動器検診によるスポーツ障害の予防．小児臨，68: 205–212, 2015.
5）鎌田浩史ほか：『健康手帳』を用いた検診による小児運動器障害の予防．日臨スポーツ医会誌，22: 402–406, 2014.
6）赤木龍一郎ほか：運動器検診と小児運動器疾患の予防．医のあゆみ，265: 529–533, 2018.
7）Donatelli R et al: Relationship between static and dynamic foot postures in professional baseball players. J Orthop Sports Phys Ther, 29: 316–325, discussion 326–330, 1999.
8）de Lucena GL et al: Prevalence and associated factors of Osgood-Schlatter syndrome in a population-based sample of Brazilian adolescents. Am J Sports Med, 39: 415–420, 2011.
9）Feldman DE et al: Risk factors for the development of low back pain in adolescence. Am J Epidemiol, 154: 30–36, 2001.
10）門脇俊ほか：学校における理学療法士による運動指導の効果―スクールトレーナー制度を見据えて．日臨スポーツ医会誌，24: 438–442, 2016.

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎を発症した兄弟例

A Case Report of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum in Two Brothers

黒沢　一也　Kazuya Kurosawa

●Key words
上腕骨小頭離断性骨軟骨炎，兄弟

●要旨
兄弟発症の上腕骨小頭離断性骨軟骨炎（OCD）を報告する．症例は3人兄弟の次男と三男である．小学生のときは3人ともに同じソフトボールチームに所属していたが，長男は中学でテニス部，次男は野球部，三男はソフトボール部に所属した．長男は肘関節障害を発症することなく高校で野球部に所属し卒業したが，次男と三男は中学でOCDを発症した．次男は軟骨片を摘出しドリリングを行ない，三男は外側広範型OCDで骨軟骨柱移植術を行なった．家族内に喫煙者はなく受動喫煙が原因となった可能性はないと思われた．この兄弟では遺伝的な要因と，骨端線閉鎖前のスポーツ選択がOCD発症に関与したと考えられた．

緒　　言

上腕骨小頭の離断性骨軟骨炎（OCD）は野球などのオーバーヘッドスポーツや，上肢に荷重のかかる器械体操を行なう成長期の学童に好発するが[1~3]，兄弟発症例の報告はまれである．今回3人兄弟のうち2人で上腕骨小頭OCDを発症した兄弟例を経験した．本症例報告では，この兄弟内発症の要因につき文献的考察を含めて報告する．

症　　例

症例1（次男）

13歳（中学2年）男子であり，小学4年からソフトボールを開始した．中学で野球部に所属し，右投げ右打ちでポジションは投手と内野手であった．中学2年の夏休みになり右肘痛が発症し，1ヵ月ほどしてバッティングをしたときに右肘痛が悪化したため近医を受診した．MRIにて右上腕骨小頭OCDの診断を受け紹介受診となった．初診時単純X線では骨端線は残存し，右上腕骨小頭には健側と比較すると軽度の骨硬化を認めるのみであった．CT像では矢状断で骨硬化を認めたが，骨の分離や遊離は認めなかった．MRI矢状断（T2強調像）では軟骨欠損を認め，欠損部軟骨下骨には低信号変化を，腕橈関節後方には遊離軟骨片を認めた（図1）．

初診から4日後に全身麻酔で手術を行なった．肘の後外側部に皮膚切開を加えて肘筋をよけて肘を屈曲することで遊離軟骨を摘出し，上腕骨小頭の病巣部を確認した．軟骨片の大きさは10×11 mmであり，肉眼的には骨成分は含んでいなかった．軟骨欠損部の大きさは10 mm×10 mmであり軟骨欠損部には硬化した軟骨下骨が露出していた．病巣の直径が10 mmと小さく，骨端線がまだ残る成長期であることから病巣部のドリリングのみを行なった（図2）．術後1週間のギプス固定を行ない，その後自動運動を開始した．術後4ヵ月でシャドウピッチング，5ヵ月で投球を開始し，術後6ヵ月で野球に完全復帰した．

その後，中学は内野手としてプレーし高校入学後も野球部で投手，外野手としてプレーした．術後5年2ヵ月経過時，肘関節可動域は伸展10°，屈曲150°で可動域に左右差なく，単純X線像では上腕骨小頭の形態は正常で橈骨頭の肥大化もなかった（図3）．

症例2（三男）

14歳（中学3年）男子であり，小学2年からソフト

黒沢一也
〒379-2104　前橋市西大室町1302-2
東前橋整形外科病院
TEL 027-268-5777

東前橋整形外科病院
East Maebashi Orthopaedic Hospital

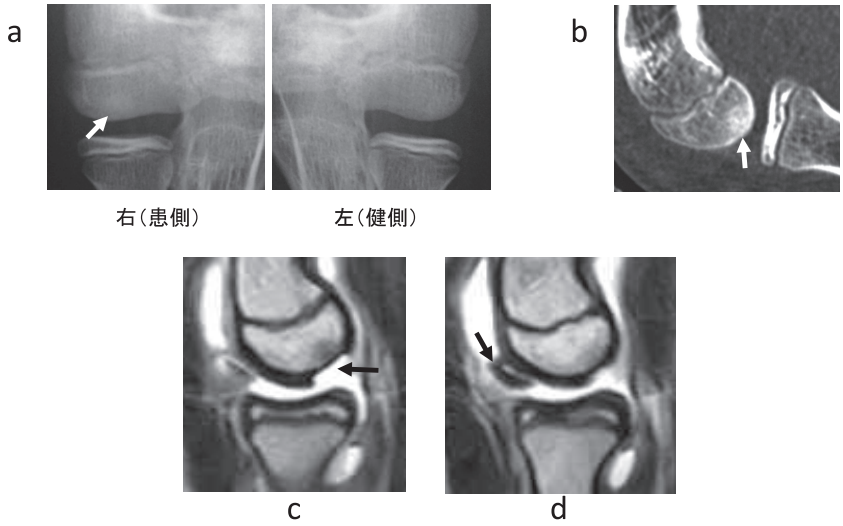


図１　症例１
a：単純 X 線正面像．骨硬化（矢印）を認める．
b：CT 像（矢状断）．骨硬化（矢印）を認める．
c：MRI 矢状断（T2 強調像）．軟骨欠損（矢印）と欠損部軟骨下骨には低信号変化を認める．
d：MRI 矢状断（T2 強調像）．遊離軟骨片（矢印）を認める．

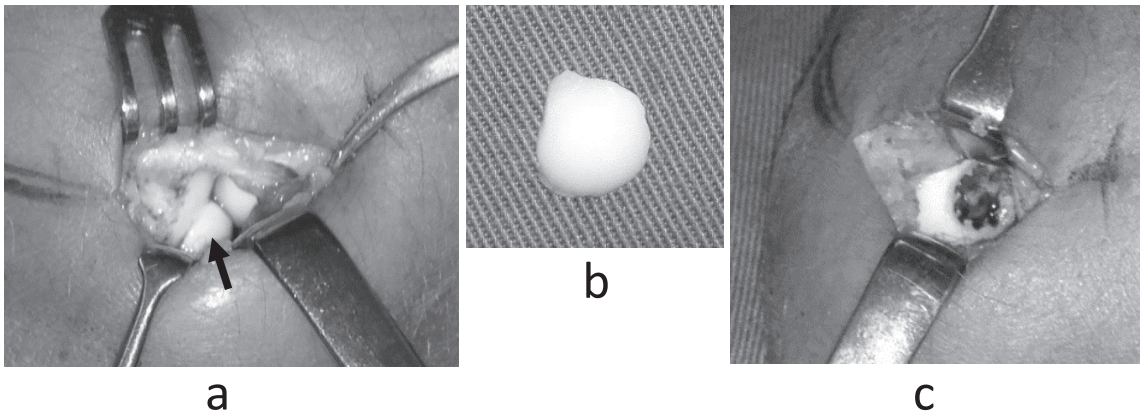


図２　症例１の術中写真
a：腕橈関節．遊離軟骨片（矢印）を認めた．
b：摘出した軟骨片．骨成分は認めなかった．
c：軟骨欠損部．硬化した軟骨下骨をドリリングした．

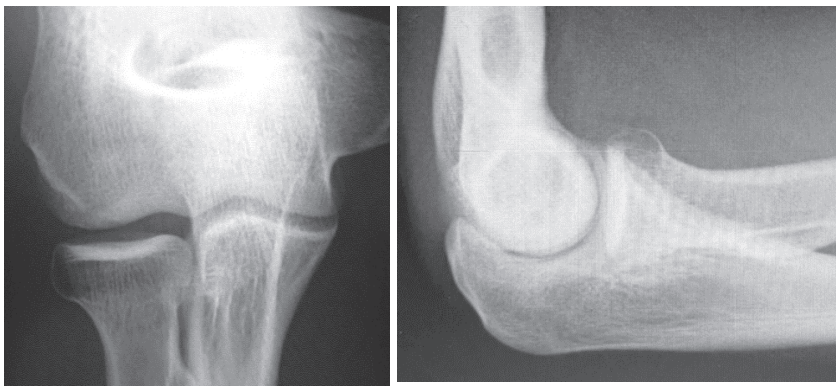
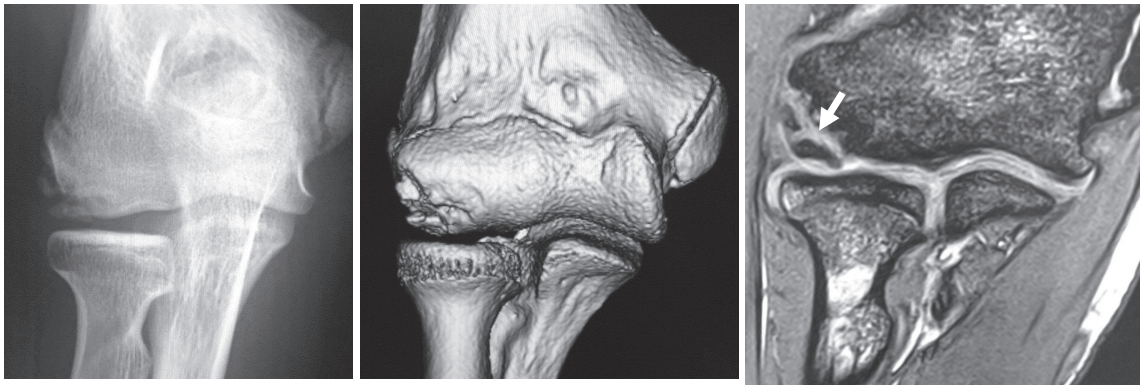
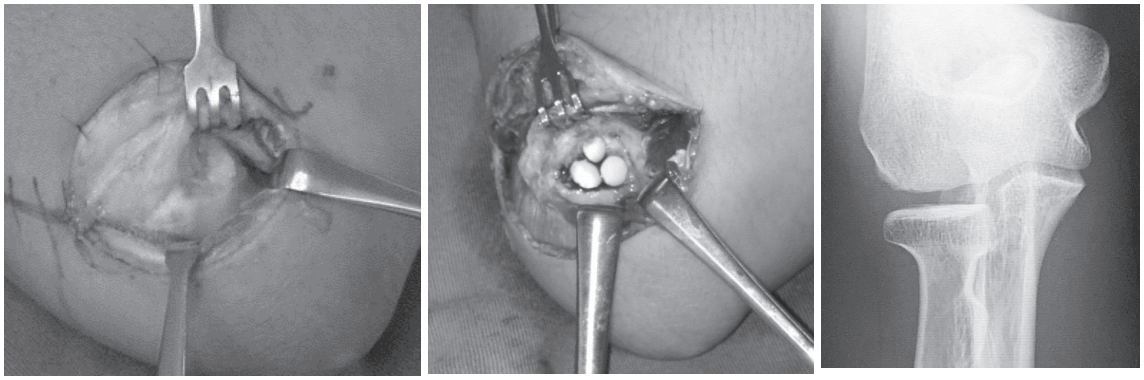


図３　症例１の術後５年２ヵ月時単純 X 線像



a　　b　　c

図 4　症例 2 の術前画像
a：単純 X 線正面像.
b：3D CT 像.
c：MRI 冠状断（T2*強調像）．骨片と母床間に高信号領域（矢印）を認める.



a　　b　　c

図 5　症例 2 の術中写真と術後 3 年時単純 X 線像
a：病巣部.
b：自家骨軟骨柱移植後.
c：45° 屈曲位正面像.

ボールを開始した．中学でソフトボール部に所属し右投げ右打ちで，捕手としてプレーしていた．13 歳（中学 2 年）で右肘痛が発症し，中学 3 年春から右肘痛が改善しなくなり夏休み終了後に他院を受診し，右上腕骨小頭 OCD の診断で紹介された．単純 X 線像と CT 像では，外側広範型の遊離体期 OCD であり橈骨頭は肥大し上腕骨遠位外側の骨端線はほぼ閉鎖していた．MRI 冠状断（T2*強調像）においても上腕骨小頭外側壁を含む広範囲の病巣であり，骨片と母床間に高信号領域が介在していた（図 4）.

初診から 1 ヵ月後に全身麻酔で右膝からの自家骨軟骨柱移植術（mosaic plasty）による再建手術を行なった．手術は，右肘後外側からの皮膚切開により肘屈曲で展開し外側側副靱帯は温存した．軟骨損傷部の大きさは 15 mm × 15 mm であり，Arthrex osteochondral autograft transfer system を用いて 6.0 mm 径 2 本，4.75 mm 径 1 本の骨軟骨柱移植を行なった．術後 1 週間のギプス固定を行ない，その後自動運動を開始した．術後 5 ヵ月で投球を開始し，術後 6 ヵ月でソフトボールに完全復帰した．高校入学後もソフトボール部に所属し痛みなく活動．術後 3 年経過時，肘関節可動域は伸展 5°，屈曲 150° で可動域に左右差なく，単純 X 線像における上腕骨小頭の形態は良好にリモデリングした（図 5）.

考　　察

上腕骨小頭 OCD は上腕骨小頭に繰り返し加わる微小外傷が原因とする説が有力であるが，骨端核の骨化進行期には骨端線を貫通する血行はなく後方からの血行だけで支配され，血行が乏しくなることも一因とされる[4]．また，遺伝的要因を示唆する報告や[5, 6]，受動喫煙による骨化阻害因子[7, 8]なども報告されており，いまだ OCD の発生原因は明らかではない.

喫煙の影響に関して Kawakita らは，ニコチンが成長

軟骨細胞に作用し成長期の骨化を阻害することを報告し[7]，Nelson らは，ラットモデルで喫煙が骨化の遅延を引き起こすことを指摘するなど[8]，骨化に対する喫煙の影響に関しては基礎的なエビデンスが報告されている．一方，OCD に対する遺伝的要因の根拠としては，さまざまな家族内発症例が存在することである．Kenniston らは，投てき競技やラケットスポーツ，器械体操をしたことのない双子の非利き手側に発症した上腕骨小頭 OCD を報告しており，遺伝的要因の存在を示唆するものであるとしている[5]．

今回治療を行なった兄弟に関する発症原因を考察すると，まず受動喫煙に関しては，家庭内に喫煙者はなく家庭環境的には受動喫煙が原因となった可能性はないと考えられる．一方，遺伝的要因に関しては 3 兄弟のうち 2 人に発症していることから，遺伝的な関与が考えられる．兄弟それぞれのスポーツ環境について検討すると，3 兄弟ともに小学生のときは地元のソフトボールチームに所属し，チームの指導者は同じであることから，小学生時代は 3 人ともにほぼ同様のスポーツ環境であったと思われる．しかし，中学生になり長男はテニス部であったが，次男は野球部，三男はソフトボール部に所属した．長男はその後高校で野球部に所属したが肘関節痛を発症しておらず，次男と三男は中学生で OCD を発症した．上腕骨遠位外側の骨端線は一般的に 12〜14 歳で閉鎖するといわれており，透亮期 OCD は上腕骨遠位外側の骨端線閉鎖前に発生する傾向があるとされる．上腕骨小頭 OCD を発症した次男と三男が，発症しなかった長男と異なる点は骨端線閉鎖前の中学生でオーバーヘッドスポーツを選択したことである．これらのことから，この兄弟では OCD を発生しやすい体質あるいは遺伝的な素因と，骨端線閉鎖前のスポーツ選択が上腕骨小頭 OCD の発症に関与したと考えられた．

文　　献

1）Bradley JP et al: Osteochondritis dissecans of the humeral capitellum: diagnosis and treatment. Clin Sports Med, 20: 565–590, 2001.
2）Cain EL Jr et al: Elbow injuries in throwing athletes: a current concepts review. Am J Sports Med, 31: 621–635, 2003.
3）大西和友ほか：体操選手に生じた肘関節離断性骨軟骨炎の特徴．日肘関節会誌，20: 115–117, 2013.
4）Haraldsson S: The intra-osseous vasculature of the distal end of the humerus with special reference to capitelum: preliminary communication. Acta Orthop Scand, 27: 81–93, 1957.
5）Kenniston JA et al: Osteochondritis dissecans of the capitellum in fraternal twins: case report. J Hand Surg Am, 33: 1380–1383, 2008.
6）Matsuura T et al: Bilateral osteochondritis dissecans of the capitellum in fraternal twins: a case report. JBJS Case Connect, 7: e44, 2017.
7）Kawakita A et al: Nicotine acts on growth plate chondrocytes to delay skeletal growth through the alpha 7 neuronal nicotinic acetylcholine receptor. PLoS One, 3: e3945, 2008.
8）Nelson E et al: Maternal passive smoking during pregnancy and fetal developmental toxicity. Part 1: gross morphological effects. Hum Exp Toxicol, 18: 252–256, 1999.

内側半月板が骨折部に嵌頓し整復阻害因子となった成人の脛骨顆間隆起骨折の一例

Entrapment of the Medial Meniscus in a Fracture of the Tibial Eminence in Adult: a Case Report

中山　哲　Satoshi Nakayama
増田　裕也　Hironari Masuda
中川　匠　Takumi Nakagawa
豊岡　青海　Seikai Toyooka
西原　信博　Nobuhiro Nishihara
河野　博隆　Hirotaka Kawano

●Key words
脛骨顆間隆起骨折，Tibial eminence fractures, Meniscal entrapment

●要旨
脛骨顆間隆起骨折は小児期から学童期に多い．一方成人で，なおかつ骨折部に半月板が嵌頓して整復阻害因子になったという報告は少ない．症例は38歳女性，スキーをしている最中，新雪に右足を取られ転倒し右膝を捻って受傷した．単純X線，単純CTで右脛骨顆間隆起骨折Modified Meyers McKeever分類TypeⅢbと診断し，関節鏡視下での整復固定術を行なった．骨片は比較的大きく，内側半月板前角が骨折部に嵌頓し整復困難となっていた．内側半月板を前方に牽引し嵌頓を解除することで骨片の整復が可能となった．内側半月板前角と膝横靱帯は前十字靱帯の前方に位置しているため，骨片が大きい場合骨折部に嵌頓する可能性があり注意を要する．

はじめに

前十字靱帯損傷（以下，前十字靱帯をACLと略す）の罹患者数は1年で10万人あたり約37人であるのに対し，脛骨顆間隆起骨折の罹患者数は1年で10万人あたり約3人と比較的少ない[1, 2]．脛骨顆間隆起骨折は小児期や青年期で多く見られる．受傷のメカニズムは脛骨が内旋した状態で屈曲の外力がかかった場合や，膝関節の過伸展によるものであり自転車事故が原因の多数を占める．脛骨顆間隆起骨折の分類法としてModified Meyers McKeever分類が使用されることが多く，転位のないものをTypeⅠ，脛骨顆間隆起の前方1/3に転位があるが後方の脛骨母床との連続性が保たれているものをTypeⅡ，骨片が完全に転位しているものをTypeⅢと分類している．TypeⅢの中でも付着部の骨片のみの場合はTypeⅢa，脛骨顆間隆起全体が骨片として転位している場合はTypeⅢbと分類している．脛骨顆間隆起骨折の整復固定方法として，関節鏡を用いた方法が選択肢の一つとなっているが，成人でなおかつ内側半月板が整復阻害因子となった例は稀であり報告する．

症　例

38歳女性．スキーをしている最中，新雪に右足を取られ転倒し右膝を捻って受傷した．同日スキー場近隣の診療所を受診し，前十字靱帯損傷が疑われた．膝伸展位装具を装着して受傷2日後に当院紹介受診した．受診時には右膝腫脹，膝蓋跳動があり，内側関節裂隙，外側関節裂隙に圧痛がみられた．右膝の関節可動域は伸展制限30度，屈曲50度であり，Lachmanテストおよび前方引き出しテストは陽性であった．右膝関節単純X線正面像および側面像で脛骨顆間隆起骨折および裂離骨片の上方への転位を認めた．単純CTでは長径30 mm，短径19 mm，厚さ11 mmの脛骨顆間隆起の裂離骨片が約6 mm上方へ転位していた（図1）．単純MRIT1強調画像でも同様の所見を認め，単純MRI脂肪抑制プロトン強調画像では前十字靱帯実質部の損傷を疑う所見はなかった（図2）．

以上より脛骨顆間隆起骨折Modified Meyers

中山　哲
〒173-8605　東京都板橋区加賀2丁目11-1
帝京大学医学部整形外科学講座
TEL 03-3964-1211
帝京大学医学部整形外科学講座
Department of Orthopedic Surgery Teikyo University School of Medicine

McKeever 分類 TypeⅢb と診断し，関節鏡視下の整復固定を行なう方針とした．

術中所見：裂離骨片が大きく，膝横靱帯から内側半月板前角までの組織が裂離骨片と連続性を持たずに，骨片と骨折部の間に完全に嵌頓していたために整復が困難であった．プローベおよび鉗子を用いて内側半月板中節を強く内側に牽引することで前角の嵌頓を解除し，骨片の整復が可能となった．前十字靱帯再建時に用いる脛骨側骨孔作成ガイドを用いて脛骨前面から骨片に向けて 4 ヵ所の骨孔を作成し，2 号 Fiber Wire®（Arthrex Japan 合同会社）で Pull-out 固定した（図 3）．関節鏡視下に完全伸展位で骨片の不安定性がないことを確認した．嵌頓していた半月板に損傷はなかったため追加の処置は行なわなかった．術後の単純 X 線および単純 CT では骨折部が整復されていた（図 4）．後療法は 4 週間免荷後に部分荷重を許可し，術後 6 週から全荷重を許可した．関節可動域に関して，術後 2 週間は伸展 0 度から屈曲 90 度までの範囲を許可し，その後前十字靱帯用装具を装着下で可動域制限を解除した．

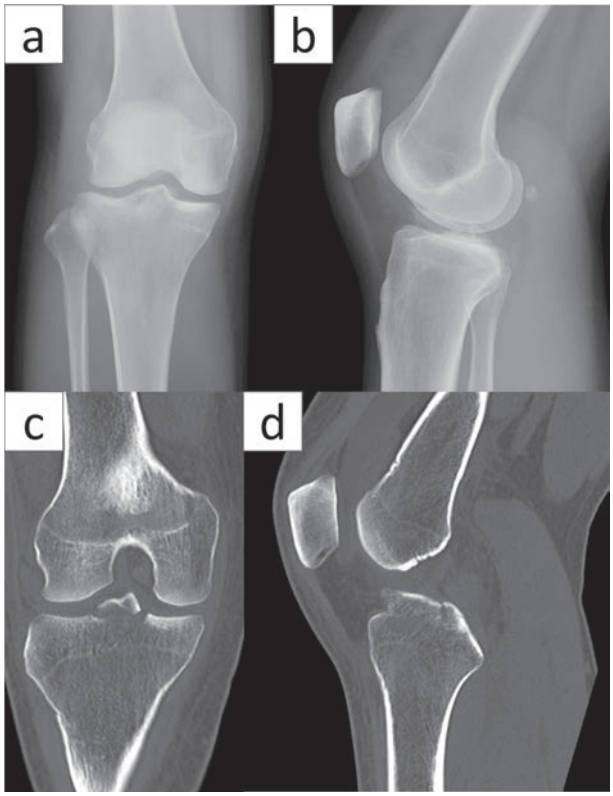


図 1　初診時の単純 X 線および単純 CT
a：単純 X 線正面像．b：単純 X 線正側面像．c：単純 CT 冠状断像．d：単純 CT 矢状断像．
単純 X 線では脛骨顆間隆起骨折および骨片の上方転位がみられた．
単純 CT 冠状断像，矢状断像では裂離骨片が約 6 mm 上方へ転位していた．

術後経過は良好であり，術後 3 ヵ月で単純 X 線および単純 CT 上骨癒合を認めた（図 5）．最終観察時の術後 2 年の時点では関節可動域は伸展 0 度屈曲 145 度 McMurray テスト陰性，Lachman テスト陰性，pivot shift テスト陰性，KS Measure 健患差 0 mm であり，Lysholm Score 100 点であった．右膝の不安定感なく登山も可能となり術前同等の ADL を獲得した．

考　　察

脛骨顆間隆起骨折は成人よりも小児の方が発症頻度高く，特に 8〜14 歳で発症が多いと報告されている[3, 4]．その原因として，小児では脛骨顆間隆起の骨化が未熟で ACL 繊維と比べて損傷しやすく，靱帯損傷よりも顆間隆起骨折が生じやすいことが知られている[5]．一方成人では受傷の原因は交通事故のような高エネルギー外傷が多く，膝を過伸展する力がかかるときに発症すると報告されている[6]．一般的に前十字靱帯損傷の受傷肢位は，膝関節軽度屈曲位，外反位で回旋の力が加わるときと言

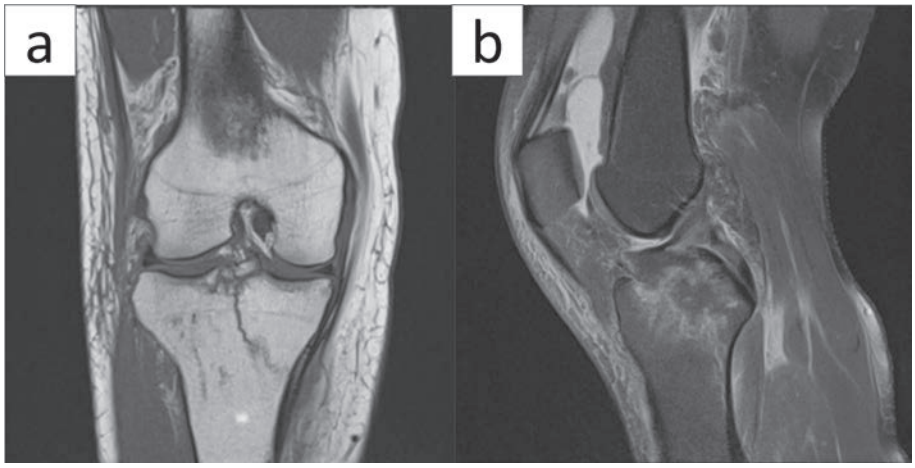


図 2　初診時の単純 MRI
a：単純 MRI T1 強調像冠状断像で脛骨顆間隆起骨折がみられる．
b：単純 MRI 脂肪抑制プロトン密度強調像では前十字靱帯実質部の損傷はみられない．

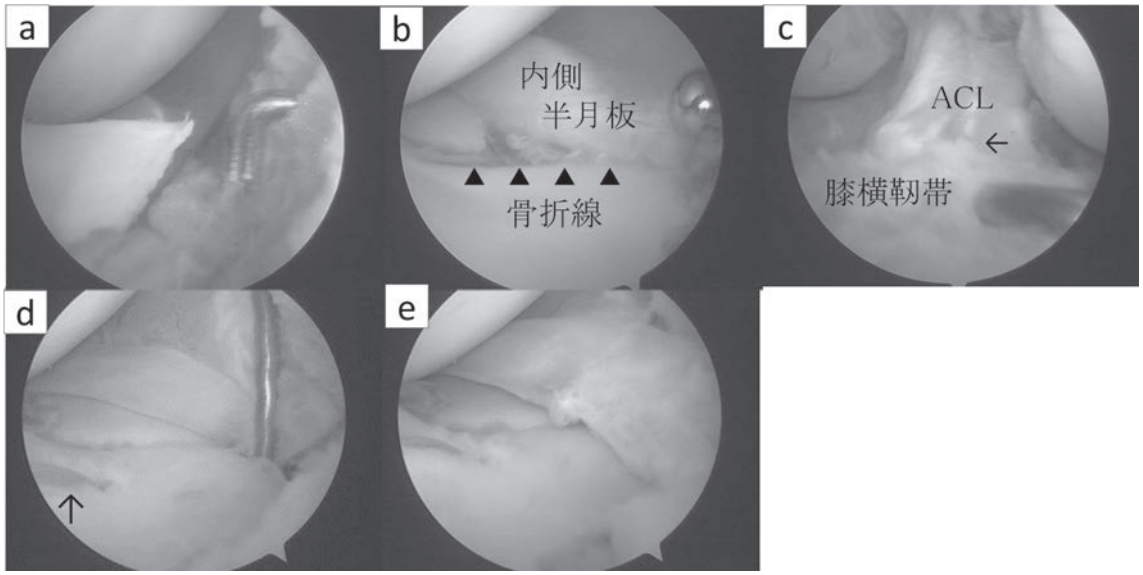


図３　術中の関節鏡視所見
a：転位のある脛骨顆間隆起骨折の裂離骨片がみられる．b：骨折部に内側半月板前角が嵌頓している．c：骨片に Fiber Wire®（Arthrex Japan 合同会社）（←で示す）を通し牽引し骨片を整復した．ACL（前十字靱帯）の前方に膝横靱帯がみられる．d：整復を行う際にプローベで内側半月板を牽引し嵌頓を解除した．Fiber Wire® を↑で示す．e：整復固定後．半月板の嵌頓も解除されている．

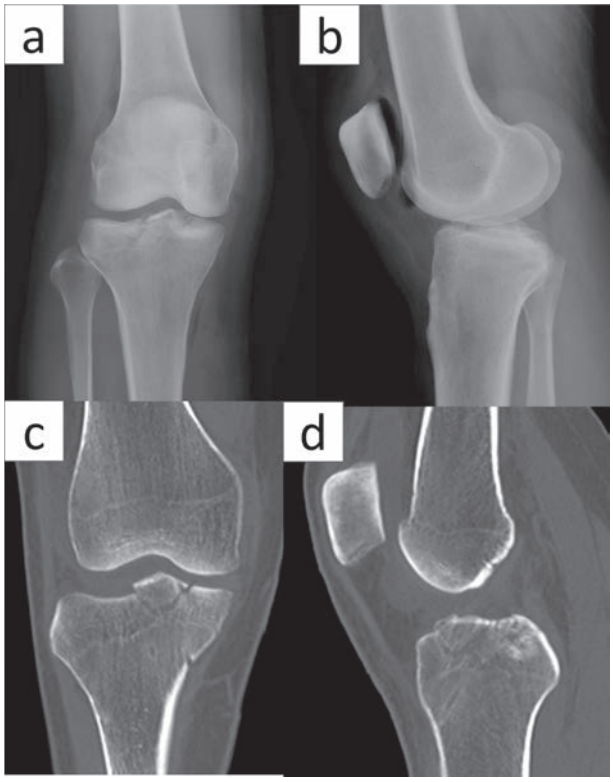


図４　術後の単純 X 線および単純 CT
a：単純 X 線正面像．b：単純 X 線正側面像．c：単純 CT 冠状断像．d：単純 CT 矢状断像．
a，b，c，d で骨片が整復されている．

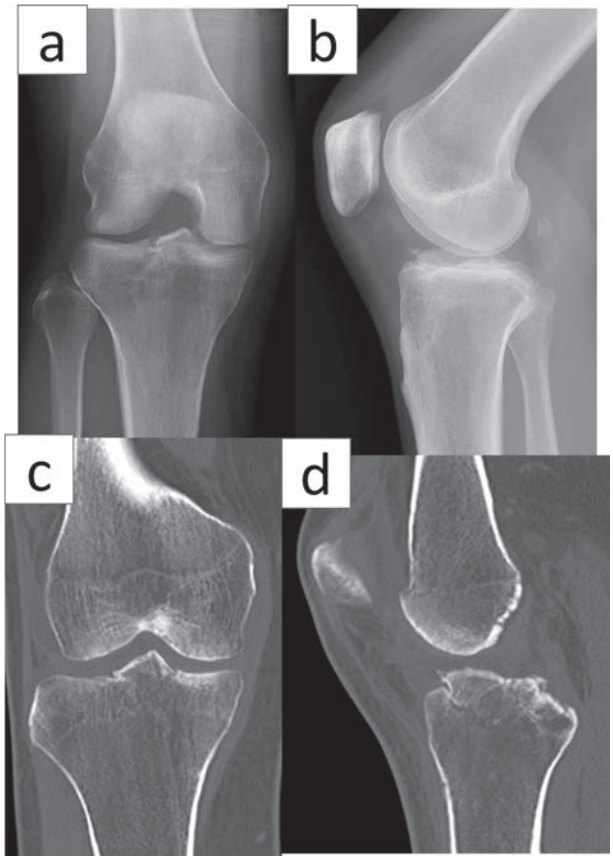


図５　術後３ヵ月の単純 X 線および単純 CT
a：単純 X 線正面像．b：単純 X 線正側面像．c：単純 CT 冠状断像．d：単純 CT 矢状断像．
a，b ではっきりしないが c，d では骨折線が不明瞭になり骨癒合をえられた．

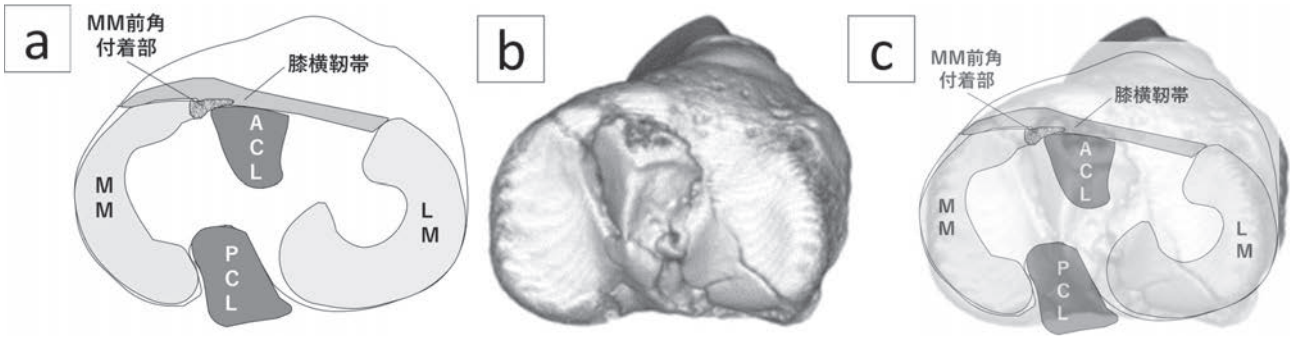


図６　a：靱帯と半月板のシェーマ（MM：内側半月板　LM：外側半月板　ACL：前十字靱帯　PCL：後十字靱帯）．b：本症例の 3DCT．c：２つを合わせた画像．内側半月板前角および膝横靱帯が骨折部に嵌頓していることが推測される．

われ，MRI で大腿骨の外側顆と脛骨の後外側に骨挫傷を認めることが多い．一方で本症例では前十字靱帯損傷特有の部位に骨挫傷は見られず，膝関節過伸展で受傷した可能性がある．

脛骨顆間隆起骨折に伴い内側半月板が嵌頓した報告は小児で報告されている．Kocher らの報告では小児の顆間隆起骨折の 44％になんらかの半月板の嵌頓が見られたと報告した[7]．その内訳は Modified Meyers McKeever 分類 TypeⅡでは 26％，TypeⅢでは 65％に部分的な半月板の嵌頓が見られたと述べた．嵌頓した組織は内側半月板前角が一番多く，ついで膝横靱帯，外側半月板前角であったと報告している．本症例は，Modified Meyers McKeever 分類 TypeⅢで，かつ嵌頓した組織は内側半月板前角および膝横靱帯であり，最も起こりやすい type であった．ただし，今回のような成人での発症例は珍しい．

内側半月板前角は ACL の前方の脛骨顆間領域に脛骨と付着し，内側半月板前角は ACL の付着部である顆間隆起の前方で膝横靱帯に繋がっている[8]（図 4）．そのため，顆間隆起骨折が ACL 付着部の前方や内側に生じ，裂離骨を含めて転位した場合には，内側半月板前角や膝横靱帯の嵌頓が生じる可能性がある．

Berlet らは 4 つの内側半月板前角付着パターンを報告した．Type Ⅰは最も一般的で脛骨顆間領域の平坦な面に結合し，TypeⅡはより脛骨内側の関節面の近くに結合する．TypeⅢはより前方の脛骨の傾斜部に結合し，TypeⅣは脛骨との付着していないと述べた[9]．これらの形状を踏まえて推測すると内側半月板前角が関節面の近くに位置する TypeⅡでは嵌頓のリスクが低く，傾斜部の近くに位置する TypeⅢでは嵌頓のリスクが高い可能性があると思われる．本症例において前角の付着部は関節鏡視所見では関節面から離れた部位に付着しており Berlet らの分類では Type Ⅰもしくは TypeⅢであり，内側半月板の嵌頓のリスクが高かったと推測される（図 6）．

成人での脛骨顆間隆起骨折は稀な骨折である．本症例のような裂離骨片が大きく脛骨顆間隆起前方まで骨折線があり，Modified Meyers McKeever 分類 TypeⅢの転位が大きい症例では内側半月板前角が骨折部に嵌頓しているリスクがある．このような症例では，半月板の嵌頓を念頭に手術に望むべきである．

半月板の嵌頓を解除しなければ骨片の整復は困難であり，プローベ等で嵌頓部位を牽引し嵌頓を解除することが重要である．

文　　献

1）Kaeding CC et al: Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. Clin Sports Med, 36: 1-8, 2017.
2）Sapre V et al: Functional outcome in tibial spine fracture treated with arthroscopic pull through suture technique. Journal of Orthopedics, traumatology and rehabilitation, 8: 6-10, 2015.
3）Meyers MH et al: Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. J Bone Joint Surg Am, 41: 209-222, 1959.
4）Lubowitz JH et al: Part II: Arthroscopic treatment of tibial plateau fractures: intercondylar eminence avulsion fractures. Arthroscopy, 21: 86-92, 2005.
5）Prince JS et al: MRI of anterior cruciate ligament injuries and associated findings in the pediatric knee: changes with skeletal maturation. AJR Am J Roentgenol, 185: 756-762, 2005.
6）Kendall NS et al: Fracture of the tibial spine in adults and children. A review of 31 cases. J Bone Joint Surg Br, 74: 848-852, 1992.
7）Kocher MS et al: Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. Am J Sports Med, 31: 404-407, 2003.
8）Fox AJ et al: The human meniscus: a review of anatomy, function, injury, and advances in treatment. Clin Anat, 28: 269-287, 2015.
9）Berlet GC et al: The anterior horn of the medical meniscus. An anatomic study of its insertion. Am J Sports Med, 26: 540-543, 1998.

小中学生野球選手における腰痛と体幹・下肢柔軟性との関連 ―セルフチェックとしての立位体前屈の有用性―

Relationship between Low Back Pain and Trunk and Lower Extremity Flexibilities in Adolescent Baseball Players: The Usefulness of Standing Forward Flexion as a Self-assessment Tool

浦山　樹[1, 5] Itsuki Urayama
原田　幹生[2, 3] Mikio Harada
村　成幸[4] Nariyuki Mura
丸山　真博[2] Masahiro Maruyama
宇野　智洋[2, 4] Tomohiro Uno
髙木　理彰[1, 2] Michiaki Takagi

●Key words
立位体前屈，腰痛，体幹・下肢柔軟性

●要旨
目的：腰痛と指床間距離（FFD），下肢伸展挙上角度（SLR），および立位体前屈との関連性を検討した．
方法：小中学生野球選手764名を対象に，FFDとSLRを測定し，腰痛と関連する基準値を分析した．また，立位体前屈にて床に手指がつくか否かを選手自身で評価し，腰痛との関連性を分析した．
結果：腰痛の割合は，FFD 0.9 cm未満（未満29.2%，以上19.4%），非投球側SLR 70°未満（未満24.5%，以上17.2%），および立位体前屈にて床に手指がつかない選手で有意に多かった（つかない28.2%，つく20.6%）（いずれも$p<0.05$）．
結論：FFD 0.9 cm，非投球側SLR 70°およびセルフチェックとしての立位体前屈は腰痛に関連する体幹・下肢柔軟性評価の指標に有用と考えられた．

はじめに

野球選手の障害部位は肩，肘と共に腰が多いといわれている[1]．青年期の腰痛の要因として，体幹やハムストリングスの柔軟性低下が報告されている[2, 3]．体幹やハムストリングスの柔軟性評価の方法として，指床間距離（FFD）や下肢伸展挙上角度（SLR）といった可動域測定が用いられている．また，著者らは，高校生野球選手を対象とした調査において，非投球側SLR 65°未満の選手は腰痛を有する割合が多かったことを報告した[4]．しかし，小中学生野球選手において，腰痛と関連するFFDとSLRの程度については明らかではない．また，可動域測定は他覚的評価法であり，医師や理学療法士などの医療従事者による評価が必要であり，実際のスポーツ現場では常に医療従事者がいるとは限らないため，可

浦山　樹
〒990-9585　山形市飯田西2丁目2番2号
山形大学医学部附属病院リハビリテーション部
TEL 023-628-5718（直通）
E-mail mpnby481@gmail.com

1）山形大学医学部附属病院リハビリテーション部
Department of Rehabilitation, Yamagata University Hospital
2）山形大学医学部整形外科学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University Faculty of Medicine
3）泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital
4）吉岡病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Yoshioka Hospital
5）山形県理学療法士会
Yamagata Physical Therapy Association

動域測定を日常的に実施することは容易ではない．このため，腰痛予防として小中学生にわかりやすく，簡易に選手自身でも柔軟性評価を行なえるセルフチェックが望まれる．しかし，腰痛とセルフチェックで評価した体幹・下肢柔軟性との関連性については明らかではない．本研究の目的は，小中学生野球選手に対し，1）検診時における腰痛と関連する FFD と SLR のカットオフ値を明らかにすること，2）腰痛とセルフチェックによる立位体前屈との関連性を検討することである．

対象と方法

2017 と 2018 年の秋のシーズン終了後，山形県内のスポーツ少年団および中学体育連盟が主催した検診に参加した小中学生野球選手 804 名のうち，前屈時に腰痛がある選手を除いた 764 名を対象とした．平均年齢は 12 歳（9 歳～15 歳）で，小学生 514 名，中学生 250 名であった．投球側と打撃側が同側の選手（右投げ右打ち，左投げ左打ち）は 651 名（投打同側群），投球側と打撃側が対側の選手（右投げ左打ち，左投げ右打ち）は 102 名（投打対側群），および両打ちの選手は 11 名（両側打ち群）であった．これらの選手に対して，FFD，SLR 測定，立位体前屈，および腰痛の有無について調査した．

FFD は立位体前屈計を用いて測定した．40 cm の台上で立位となり，体幹前屈しながら両上肢を床へ伸ばし，台の上端から指尖までの垂直距離を定規で測定した（図 1）[5]．測定値は台の上端に届かない場合は負の値として表記した．SLR は仰臥位にて膝関節伸展位で他動的に股関節を屈曲させ，ゴニオメーターで投球側および非投球側の股関節屈曲角度を測定した（図 1）[6]．

立位体前屈は，立位にて足を揃え，勢いをつけずに体幹を前屈させ，手指が床につく場合を柔軟あり群，手指が床につかない場合を柔軟なし群とし，選手自身が評価した．

腰痛の評価は，検診時立位において体幹後屈，側屈，および両方で腰に痛みが誘発された場合を腰痛あり（腰痛あり群），いずれの肢位でも誘発されなかった場合を腰痛なし（腰痛なし群）と定義し，前屈で腰痛が生じた選手は除外した．

統計学的分析

測定結果は平均値 ± 標準偏差で示した．投球側・打撃側の違いによる FFD，SLR，立位体前屈，および腰痛の割合について，投打同側群，投打対側群，および両側打ち群の 3 群間で比較した．分析には Kruskal–Wallis 検定（Bonferroni 法）を用いた．立位体前屈と FFD および SLR との関係性については Mann–Whitney の U 検定を用いて分析した．腰痛の割合と FFD および SLR の関係性について，FFD と SLR のカットオフ値を ROC 曲線より算出し，χ^2 検定を用いて分析した．さらに，腰痛と有意な関連性があった FFD と SLR のカットオフ値から群分けを行ない，それぞれの群を組み合わせて腰痛の割合について Kruskal–Wallis 検定（Bonferroni 法）を用いて比較した．立位体前屈と腰痛の関連性については χ^2 検定を用いて分析した．統計学的解析には EZR（Saitama Medical Center, Jichi Medical University, Saitama, Japan）を使用した[7]．$p<0.05$ を有意差ありとした．

結　　果

平均 FFD は 2.9 ± 7.0 cm，平均 SLR は投球側が 61 ± 12°，非投球側が 61 ± 12° であった．立位体前屈は柔軟あり群が 569 名（74.4%）であり，柔軟なし群が 195 名（25.5%）であった．腰痛あり群は 172 名（22.5%）であり，そのうち後屈時痛が 108 名，側屈時痛が 22 名，お

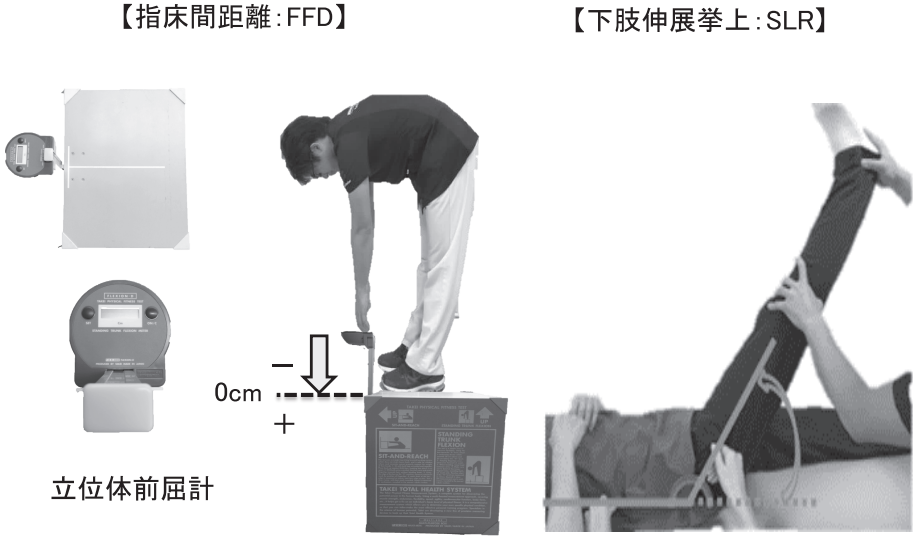


図 1　FFD と SLR の測定方法

よび後屈時痛と側屈時痛の両方が 42 名であった．腰痛なし群は 592 名（77.5%）であった．

投球側・打撃側の違いと各評価項目との比較

投球側・打撃側の違いと各評価項目との比較結果について表 1 に示す．FFD，両側 SLR，立位体前屈，および腰痛の割合は，投打同側群，投打体側群，および両側打ち群の 3 群間で有意な差がなかった．

立位体前屈と FFD および SLR との関係

立位体前屈の各群における FFD は，柔軟あり群が 5.5 ± 5.0 cm であり，柔軟なし群の − 4.6 ± 6.0 cm よりも有意に大きい値を示した（$p<0.01$）．投球側 SLR は，柔軟あり群では 63 ± 12°，柔軟なし群では 56 ± 11° であり，非投球側 SLR は，柔軟あり群では 62 ± 12°，柔軟なし群では 56 ± 11° であり，いずれも柔軟あり群が有意に大きい値を示した（両側とも $p<0.01$）．

FFD および SLR と腰痛の割合との関係

ROC 曲線より算出した腰痛の有無に対するカットオフ値は FFD 0.9 cm，投球側 SLR 65°，および非投球側 SLR 70° であった（表 2）．それぞれのカットオフ値における腰痛の割合を図 2 に示す．腰痛の割合は，FFD が 0.9 cm 未満では 29.2% であり，0.9 cm 以上の 19.4% と比較し，有意に多かった（$p<0.01$）．また，非投球側 SLR が 70° 未満では腰痛の割合は 24.5% であり，70° 以上の 17.2% と比較し，有意に多かった（$p<0.05$）．投球側 SLR に関しては腰痛の割合に有意差はなかった．さらに，FFD 0.9 cm と非投球側 SLR 70° を基準に分けた 4 群の腰痛の割合を図 3 に示す．腰痛の割合は，FFD 0.9 cm 未満かつ非投球側 SLR 70° 未満の選手では 30.5% であり，FFD 0.9 cm 以上かつ非投球側 SLR 70° 未満の選手（20.7%）および FFD 0.9 cm 以上かつ非投球側 SLR 70° 以上の選手（16.7%）よりも有意に多かった（それぞれ $p<0.05$，$p<0.01$）．

表 1　FFD，SLR，立位体前屈テストおよび腰痛についての投球側と打撃側 3 群間比較

	投打同側群（n = 651）	投打対側群（n = 102）	両側打ち群（n = 11）	p 値
FFD（cm）	2.9 ± 7.3	2.9 ± 5.5	3.5 ± 4.8	0.99
投球側 SLR（°）	61 ± 12	62 ± 12	58 ± 11	0.46
非投球側 SLR（°）	61 ± 13	62 ± 11	60 ± 10	0.65
立位前屈テスト柔軟あり群の割合（名，%）	484 名，74.3%	76 名，74.5%	9 名，81.8%	0.85
腰痛頻度（名，%）	147 名，22.5%	21 名，20.6%	4 名，36.4%	0.49

Kruskal–Wallis 検定

表 2　腰痛の有無に対する FFD と SLR のカットオフ値

	カットオフ値	specificity	sensitivity	曲線下面積	95% 信頼区間	p 値
FFD	0.9 cm	0.701	0.424	0.549	0.498〜0.599	0.02
SLR 投球	65°	0.309	0.727	0.519	0.470〜0.568	0.39
SLR 非投球	70°	0.188	0.895	0.546	0.499〜0.593	0.04

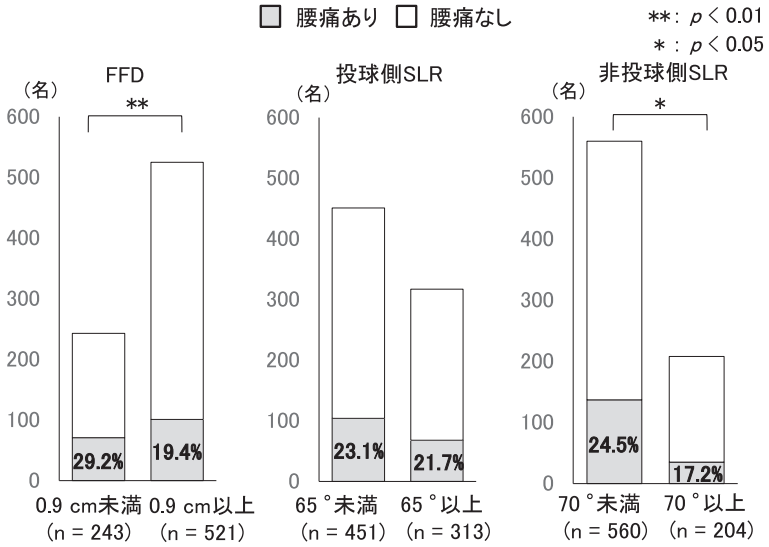


図 2　FFD および SLR と腰痛を有する割合

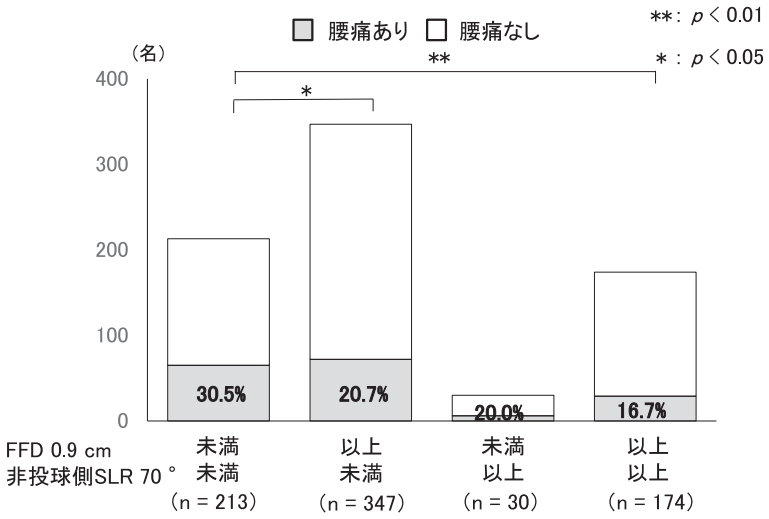


図３　FFD 0.9 cm と非投球側 SLR 70° を基準に分けた４群の腰痛の割合

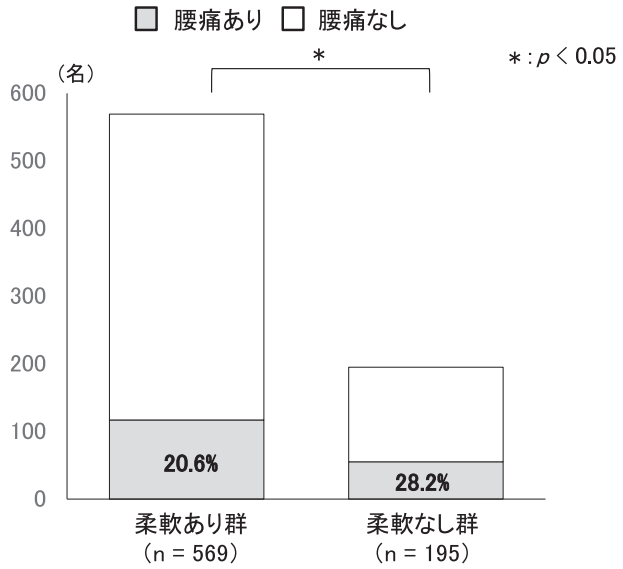


図４　立位体前屈と腰痛を有する割合
立位体前屈において手指が床につく選手は柔軟あり群，手指が床につかない選手は柔軟なし群とした．

立位体前屈と腰痛の割合との関係

腰痛の割合は，立位体前屈柔軟なし群では 28.2％であり，柔軟あり群の 20.6％と比較し，有意に多かった（p ＜0.05）（図 4）．

考　　察

高校生野球選手を対象とした著者らの先行研究[4]では，非投球側 SLR 65° 未満は腰痛と関連していた．一方，本研究では小中学生野球選手を対象とした．小中学生と高校生とでは体格が違うため，先行研究のカットオフ値を用いず，新たにカットオフ値を ROC 曲線より算出した．この結果，腰痛に関するカットオフ値は FFD で 0.9 cm，投球側 SLR で 65°，非投球側 SLR で 70° となり，FFD と非投球側 SLR を用いて群分けした際に柔軟性の低い群で有意に腰痛が多かった．サッカーやアイスホッケー選手を対象とした先行研究では，腰痛は両側 SLR の低下と関連していることが報告されている[8]．一方，野球の特徴的な動作として，投球動作のみならず，打撃動作もあるが，本研究では，投球側・打撃側の違いによる体幹・下肢柔軟性および腰痛の割合に差がなく，打撃動作による影響は確認できなかった．したがって，小中学生野球選手において，FFD 0.9 cm 以上と非投球側 SLR 70° 以上は，腰痛を予防する観点から獲得すべき柔軟性の指標としてみなすことができると考えられる．

本研究において，立位体前屈で手指がつく選手はつか

ない選手に比べ，FFD および両側 SLR がいずれも大きかった．FFD は体幹およびハムストリングスの筋柔軟性と関連していることが報告されている[9]．同様に，SLR はハムストリングスの筋柔軟性と関連している[10]．したがって，立位体前屈は体幹やハムストリングスの筋柔軟性を反映するセルフチェックであることが示されている．

Akaha ら[11]は成人健常者を対象に，7 段階評価である Self-assessment bending scale を実施し，FFD と非常に強い相関性（r＝0.95）があることを報告している．しかしながら，成長期スポーツ選手においてはスポーツ活動時のみならず，日常生活時にも，簡易かつ容易に実施できるセルフチェックが望ましい．このことから，本研究では，手指が床へつくか否かで柔軟性を自己評価する立位体前屈を用いた．

立位体前屈で手指が床へつくか否かでセルフチェックを行なった結果，手指が床につかない選手で有意に腰痛の割合が高かった．前述したとおり，FFD のカットオフ値は 0.9 cm であり，これは立位体前屈で指先がしっかり床につく状態である．よって，立位体前屈で床に手指がつくか否かを指標にすることは妥当であると考える．また，この基準は対象が小学生であったとしてもセルフチェックとしてわかりやすく容易である．したがって，立位体前屈は小中学生野球選手が自身で実施可能な腰痛に関連する体幹・ハムストリングスに対する柔軟性のセルフチェックに有用であると考える．

本研究の問題点として，ハムストリングス柔軟性の他に大腿四頭筋の柔軟性低下[2, 4]や股関節内旋制限[4]と腰痛との関連性について報告されているが，それらについて今回は調査していないことがあげられる．また，手指が床につかない選手は，手指が床につく選手に比べ腰痛を有する割合が統計学的には有意に多かったが，その差は 7.6％であった．本研究はシーズン終了後に実施したため，腰痛が改善し，腰痛の割合の差が小さくなった可能性がある．さらには，痛みの程度との関係や腰痛の部位についても詳細な評価はしていない．したがって，シーズン中の腰痛や腰痛の既往，および痛みの程度との関係についても調査が必要である．

近年，障害の早期発見や予防を目的とした成長期スポーツ選手に対する検診が広く行なわれつつあるが，その一方で検診を行なう医療従事者の負担は少なくはなく，頻繁に検診を実施するのは容易ではない．このため，成長期スポーツ選手がスポーツ活動における現場だけでなく日常生活時にも容易に行なうことができ，より利便性の高いセルフチェックが今後必要になると考える．したがって，これらの問題点を今後の課題として検討し，腰痛に対するセルフチェックを確立していきたい．現在，著者らは各スポーツ団体の指導者講習会などにて，ジャックナイフストレッチ[12]などのストレッチや立位体前屈を用いたセルフチェックを説明し，柔軟性の改善・維持の必要性を啓蒙している．今後はシーズン開始前にこれらの活動を行ない，この効果について前向きに調査していく予定である．

結　　語

1. 小中学生野球選手 764 名を対象に，腰痛と関連する FFD と SLR のカットオフ値を算出した．また，腰痛と立位体前屈にて床に指がつくか否かで選手自身が評価するセルフチェックとの関連性を分析した．
2. 算出されたカットオフ値で群分けすると，FFD 0.9 cm 未満（未満 29.2％，以上 19.4％）および非投球側 SLR 70° 未満（未満 24.5％，以上 17.2％）の選手に腰痛が有意に多かった．よって，小中学生野球選手においてこれらのカットオフ値が腰痛予防の観点から獲得すべき柔軟性の指標となりうると考えられた．
3. 立位体前屈によるセルフチェックでは，腰痛の割合は床に手指がつかない選手で有意に多かった（つかない 28.2％，つく 20.6％）．この評価法は FFD のカットオフ値である 0.9 cm と近似した指標を用いており，腰痛に関連する体幹・ハムストリングスの柔軟性セルフチェックとして有用であると考えられた．

謝　　辞

本論文の作成にあたり，山形大学医学部整形外科の佐竹寛史先生，泉整形外科病院の高原政利先生，および山形県理学療法士会の高橋俊章先生にご協力いただきました．厚く御礼申し上げます．

文　　献

1）丸山真博ほか：高校野球選手における守備位置と全身の各部位の痛みとの関係．日臨スポーツ医会誌，20: 480–486, 2012.
2）Feldman DE et al: Risk factors for the development of low back pain in adolescence. Am J Epidemiol, 154: 30–36, 2001.
3）Esola MA et al: Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. Spine, 21: 71–78, 1996.
4）浦山樹ほか：高校野球選手における腰痛は非投球側股関節の柔軟性低下と関連する．整スポ会誌，39: 313–318, 2019.
5）Tanoue H et al: Effects of a dynamic chair on pelvic mobility, fatigue, and work efficiency during work performed while sitting: a comparison of dynamic sitting and static sitting. J Phys Ther Sci, 28: 1759–1763, 2016.

6）Fujitaka K et al: Pathogenesis of fifth metatarsal fractures in college soccer players. Orthop J Sports Med, 3: 2325967115603654, 2015.
7）Kanda Y: Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplant, 48: 452-458, 2013.
8）Kujala UM et al: Baseline anthropometry, flexibility and strength characteristics and future low-back pain in adolescent athletes and nonathletes. Scand J Med Sci Sports, 4: 200-205, 1994.
9）Kippers V et al: Toe-touch test. A measure of its validity. Phys Ther, 67: 1680-1684, 1987.
10）Nakase J et al: Precise risk factors for Osgood-Schlatter disease. Arch Orthop Trauma Surg, 135: 1277-1281, 2015.
11）Akaha H et al: Modified measurement of finger-floor distance: self-assessment bending scale. J. Lumbar Spine Disord, 14: 164-169, 2008.
12）Sairyo K et al: Jack-knife stretching promotes flexibility of tight hamstrings after 4 weeks : a pilot study. Eur J Orthop Surg Traumatol, 23: 657-663, 2013.

膝前十字靱帯再建術の手術待機期間による臨床成績の差異

Difference of Clinical Results by Timing of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

鈴木　朱美　Akemi Suzuki
成田　　淳　Atsushi Narita
中島　　拓　Taku Nakajima
高木　理彰　Michiaki Takagi

●Key words
膝前十字靱帯再建術，臨床成績，手術時期
Anterior cruciate ligament reconstruction：Clinical result：Timing

●要旨
膝前十字靱帯（ACL）再建患者で，手術待機期間による術後成績の差異について調査した．ACL再建術を行ない術後1年以上経過観察可能であった28例，手術時平均年齢26.6歳を対象とした．受傷から手術までの待機期間が6ヵ月未満の早期群19例と6ヵ月以上の遅延群9例の2群に分類した．手術時の半月板損傷と軟骨損傷の有無，術後1年時の臨床所見を2群間で比較検討した．手術時の半月板損傷は有意差を認めなかったが，軟骨損傷は早期群5.6%，遅延群33.3%であり有意差を認めた．臨床成績では有意差は認めなかった．受傷後手術待機期間が長くなることにより，術後安定性には差異は認めなかったが，半月板や軟骨損傷が増加するため，可能な限り早期に行なうべきである．

はじめに

膝前十字靱帯（ACL）損傷を受傷後，経時的に半月板や軟骨損傷などの二次損傷が増加するとされる．Louboutinら[1]は，ACL損傷時には半月板損傷は10～20%，軟骨損傷は16%合併し，受傷後6ヵ月経過すると半月板損傷が63%，軟骨損傷が29%に増加し，10年後には60%が変形性膝関節症を発症すると報告している．また，不安定性が長く放置されることにより，関節周囲の軟部組織も弛緩され，術後の回旋不安定性に影響を及ぼす可能性があり，最近では前外側構成体再建術も併用している報告がある[2, 3]．ACL損傷診療ガイドライン2019[4]では，受傷後3～6ヵ月以内の早期での再建術が推奨されている．そこで，ACL損傷患者で手術待機期間により術後成績に差異があるか，半月板損傷や軟骨損傷の頻度に差異があるか調査したので報告する．

対象と方法

対象は，当院でACL再建術を行ない術後1年以上経過観察可能であった28例とした．男性14例，女性14例，手術時平均年齢は26.6（13～53）歳であった．受傷から手術までの待機期間が6ヵ月未満の早期群と6ヵ月以上の遅延群の2群に分類した．早期群19例（男性9例，女性10例），遅延群9例（男性5例，女性4例）で，手術時平均年齢は，早期群25.9歳，遅延群28.1歳で両群間に有意差は認めなかった．遅延群には骨端線開存例が2例含まれており，骨端線閉鎖を待ちACL再建術を行なった．受傷から手術までの平均待機期間は，早期群2.4±1.2ヵ月，遅延群19.2±28.9ヵ月であり，遅延群で有意に長かった．受傷から手術までの待機期間中は，当科の方針として，基本的に体育を含む運動は全て禁止とした．術前のKT-1000患健側差は，早期群4.1±

鈴木朱美
〒990-9585　山形市飯田西2-2-2
山形大学医学部整形外科
TEL 023-628-5355/FAX 023-628-5357
E-mail akemis@med.id.yamagata-u.ac.jp

山形大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University Faculty of Medicine

表 1　症例

	早期群（<6 ヵ月）	遅延群（≧6 ヵ月）	*P*
症例	19 男 9　女 10	9 男 5　女 4	0.69
手術時平均年齢（歳）	25.9（14～48）	28.1（13～53）	0.64
手術までの待機期間（ヵ月）	2.4 ± 1.2	19.2 ± 28.9	<0.01
術後経過観察期間（ヵ月）	19.8	22.3	0.51
術前 KT-1000 患健側差（mm）	4.1 ± 1.9	3.5 ± 1.3	0.58

1.9 mm，早期群 3.5 ± 1.3 mm であり，両群間に有意差は認めなかった．術後平均経過観察期間は早期群 19.8 ヵ月，遅延群 22.3 ヵ月で有意差を認めなかった（表 1）．

手術方法は，両群ともに膝屈筋腱を用いた解剖学的二重束 ACL 再建術を行ない，半月板損傷に対しては可能な限り縫合術を行なった．調査項目は，手術時の半月板損傷と軟骨損傷の有無，術後 1 年時の前方引き出しテスト，pivot shift test，KT-1000 患健側差および追加手術の有無とし，両群間でそれぞれ比較検討した．統計学的解析には Mann-Whitney *U* 検定と χ^2 検定を用い，有意水準を 5%とした．

結　　果

手術時の半月板損傷は内側半月板が早期群 21.1%，遅延群 33.3%（*P* = 0.48），外側半月板が早期群 42.1%，遅延群 55.6 %（*P* = 0.51）であり有意差を認めなかった（図 1）．軟骨損傷は早期群 5.6%，遅延群 33.3%であり，遅延群で有意に多かった（*P* = 0.04）（図 2）．部位は，早期群では大腿骨内顆が 1 例，遅延群では大腿骨内顆が 3 例，脛骨内顆が 1 例であり，全例で内側に生じていた．遅延群の 2 例では，内側半月板損傷を合併していた．臨床成績では，前方引き出しテスト陽性率は早期群 5.2%，遅延群 11.1%（*P* = 0.57），pivot shift test 陽性率は，早期群 5.2%，遅延群 0 %であり（*P* = 0.48），両群間に有意差を認めなかった．KT-1000 患健側差は，早期群 0.8 ± 1.3 mm，遅延群 1.0 ± 2.5 mm であり両群間に有意差を認めず，ともに良好な結果であった（*P* = 0.90）（表 2）．追加手術を要した症例は，早期群で 1 例 5.2%，遅延群で 2 例 22.2%であり両群間に有意差を認めなかった．早期群では 1 例に内側半月板縫合術を行ない，遅延群では 1 例に内側半月板縫合術，1 例に再受傷による ACL 再断裂に対し，ACL 再々建術を行なった．

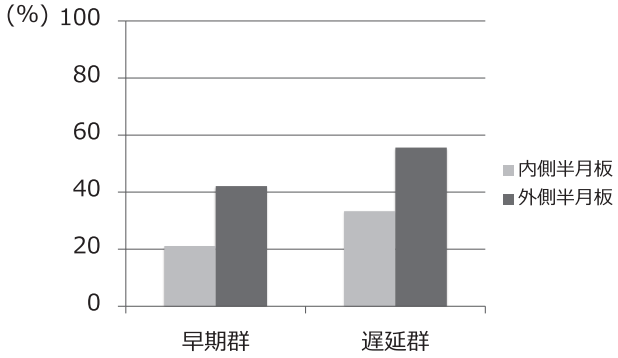


図 1　手術時の半月板損傷の割合

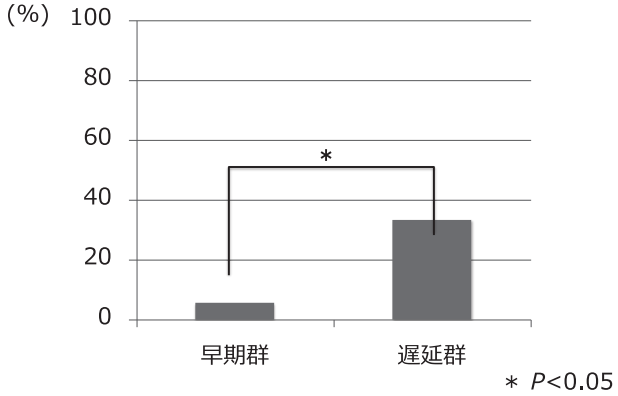


図 2　手術時の軟骨損傷の割合

表 2　臨床成績

	早期群（<6 ヵ月）	遅延群（≧6 ヵ月）	*P*
前方引き出しテスト陽性率（%）	5.2	11.1	0.57
Pivot shift test 陽性率（%）	5.2	0	0.48
KT-1000 患健側差（mm）	0.8 ± 1.3	1.0 ± 2.5	0.90

考　　察

ACL 再建術では，術前待機期間が長期になるほど，半月板損傷や軟骨損傷が増加するとされる[1]．また不安定性が長く放置されることにより，関節周囲の軟部組織も弛緩され回旋不安定性が増悪する可能性があり，最近では陳旧例や再々建術例，また重度の pivot shift 現象を認める症例では，前外側構成体再建術も併用されることがある[2, 3]．そこで本研究では，術前待機期間により，半月板や軟骨損傷の頻度に差があるか，また術後の安定性に差があるかを調査した．

ACL 損傷に伴う半月板損傷は，O'Connor ら[5]は，受傷後 2 週以内の再建術と比べると受傷後 26 週から有意に高まり，活動性は有意な影響を与えなかったとしている．また，Taketomi ら[6]は，内側半月板損傷は受傷後

7ヵ月以上と6ヵ月未満でオッズ比は4.1倍，外側半月板損傷は5ヵ月以上と4ヵ月未満でオッズ比は1.9倍と述べており，受傷後5ヵ月以上の経過で半月板損傷のリスクがあがると考えられる．本研究では，半月板損傷では両群間に有意差を認めなかったものの，受傷後6ヵ月以上の遅延群で内側半月板，外側半月板損傷ともに多い傾向を認めた．

一方，Maffulli ら[7]は，関節軟骨損傷の有無と受傷から手術までの期間を調査し，関節軟骨損傷なし群は平均17.4ヵ月であったのに対し，損傷あり群は平均37ヵ月と有意に長期であったと述べている．また，手術待機期間が長いと軟骨損傷の程度も悪化したとしている．Taketomi ら[6]は，6ヵ月以上と6ヵ月未満ではオッズ比は2.9倍であると述べ，Granan ら[8]は，オッズ比は月あたり1%増加すると述べている．本研究でも，6ヵ月以上経過した遅延群において有意に多かった．この結果から受傷後6ヵ月以内での再建術が望ましいと考える．

一方で，臨床成績を調査した報告では，Karlsson ら[9]は，受傷後2〜12週の亜急性群と12〜24ヵ月の遅延群でKT-1000患健側差を比較し，両群ともに1.5 mmで有意差はなかったと述べている．本研究でも早期群と遅延群では膝安定性には有意差を認めず，両群ともに良好であった．しかしながら，膝安定性の評価だけでは，半月板損傷や軟骨損傷の影響を評価できていないため，今後は患者立脚型評価など考慮する必要があると思われた．

本研究の限界は，症例数が少ないこと，受傷時と手術待機中の半月板損傷や軟骨損傷を分けていないこと，手術待機期間中の運動制限が一致していないことであり，今後症例数を増やして検討する必要がある．

文　献

1）Louboutin H et al: Osteoarthritis in patients with anterior cruciate ligament rupture: a review of risk factors. Knee, 16: 239–244, 2009.

2）Katakura M et al: Risk factors for residual anterolateral rotational instability after double bundle anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation by quantitative assessment of the pivot shift phenomenon using triaxial accelerometer. Knee, 27: 95–101, 2020.

3）Yasuma S et al: Anterolateral ligament reconstruction as an augmented procedure for double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction restores rotational stability: quantitative evaluation of the pivot shift test using an inertial sensor. Knee, 27: 397–405, 2020.

4）日本整形外科学会，日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会（監修）：前十字靱帯（ACL）損傷診療ガイドライン2019．改訂第3版，南江堂，東京: 21–23, 2019.

5）O'Connor DP et al: Factors related to additional knee injuries after anterior cruciate ligament injury. Arthroscopy, 21: 431–438, 2005.

6）Taketomi S et al: Surgical timing of anterior cruciate ligament reconstruction to prevent associated meniscal and cartilage lesions. J Orthop Sci, 23: 546–551, 2018.

7）Maffulli N et al: Articular cartilage lesions in the symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee. Arthroscopy, 19: 685–690, 2003.

8）Granan LP et al: Timing of anterior cruciate ligament reconstructive surgery and risk of cartilage lesions and meniscal tears: a cohort study based on the Norwegian National Knee Ligament Registry. Am J Sports Med, 37: 955–961, 2009.

9）Karlsson J et al: Subacute versus delayed reconstruction of the anterior cruciate ligament in the competitive athlete. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 7: 146–151, 1999.

下腿慢性コンパートメント症候群６例９肢の検討

Chronic Exertional Compartment Syndrome of the Lower Leg: a Case Series of Six Patients

伊與部貴大　Takahiro Iyobe
下﨑　研吾　Kengo Shimozaki
豊岡　加朱　Kazu Toyooka
中瀬　順介　Junsuke Nakase
浅井　一希　Kazuki Asai
土屋　弘行　Hiroyuki Tsuchiya

●Key words
Chronic exertional compartment syndrome：Endoscopic fasciotomy：Lower leg pain in athlete

●要旨
目的：下腿慢性コンパートメント症候群（CEOS）に対し，手術加療を行なった６例９肢を経験したので報告する．
症例：CEOS と診断し筋膜切開術を施行した６例９肢（男性１例，女性５例，右側２例，左側１例，両側３例）を対象とした．発症から診断までに要した期間，術後スポーツ復帰までに要した期間と，術前後の疼痛は NRS を用いて評価した．
結果：発症から診断までに要した期間は平均 8.3±3.1 ヵ月だった．NRS は６例中５例で改善し，術後スポーツ復帰までに要した期間は平均 9.4±8.5 週であった．
考察：CEOS は診断に苦慮することが多く，アスリートの下腿痛に対して CEOS を鑑別にあげることが重要である．

はじめに

慢性コンパートメント症候群（chronic exertional compartment syndrome; 以下 CEOS）は，運動開始時には無症状だが，スポーツ活動中にコンパートメント内圧（intracompartmental pressures; 以下 ICP）が上昇することで局所循環障害が生じて，下腿に疼痛を認め，運動を中止すると軽快することを特徴とする疾患である[1]．急性コンパートメント症候群とは異なり，受傷機転が明らかではないうえ客観的評価が難しく，診断に苦慮することが多い．今回，下腿の CEOS と診断し手術加療を施行した６例９肢を経験したので報告する．

症例と方法

対象は，2010 年６月から 2015 年８月までに，CEOS に対して筋膜切開術を施行した６例９肢（平均年齢 22±17 歳，男性１例，女性５例，右側２例，左側１例，両側３例）とした．両側例は発症時期，症状に関して左右差を認めなかった．原因となった運動はハンドボール２例，野球１例，マラソン１例，バドミントン１例，トランポリン１例であった．全例で安静時に痛みはなく，運動時に下腿痛と下腿硬結感が出現し，安静にて改善を認めた．術前に客観的指標として，運動負荷後に ICP 測定と MRI 検査を施行した．運動負荷は，トレッドミル上で疼痛に耐えられる限界までランニングを指示した．ICP 測定は，Pedowitz[2] らの診断基準に準じ，1）Pre exercise pressure≧15 mmHg，2）1-minute post exercise pressure≧30 mmHg，3）5-minute post exercise pressure≧20 mmHg を満たした場合を ICP 上昇と定義した．MRI 検査では，運動負荷前後での T1･T2 強調画像の信号強度変化[3~5] を評価した．運動負荷後に撮影した MRI で，疼痛箇所と一致したコンパートメント内に，T1 強調画像で低信号，T2 強調画像で高信号領域を認めた場合を陽性と判断した．検査結果と特徴的臨床

伊與部貴大
〒 920-8641　金沢市宝町 13-1
金沢大学付属病院整形外科
TEL 076-265-2374
E-mail iyo78_0409@yahoo.co.jp

金沢大学付属病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medical Science Kanazawa University

症状から総合的に CEOS と診断した．全例でまず少なくとも 1 ヵ月以上のスポーツ活動の制限と安静と下腿のストレッチを指導するも，保存加療に抵抗性であったため手術加療を行なった．手術は術前に超音波を用いて，運動時に疼痛を認めたコンパートメントの近位端と遠位端にマーキングを行なった（図 1）．さらに，前方コンパートメントの筋膜切開の場合は浅腓骨神経の位置を同定した．その後，下腿のマーキング部の近位端と遠位端に 1〜2 cm 程度の小皮切を加えて，内視鏡下に筋膜を確認しながら筋膜切開を行なった．術翌日から疼痛の範囲内で荷重と足関節運動を許可した．足関節の可動域が正常化し，片脚つま先立ちが可能であればジョギングを許可し，段階的にスポーツ復帰を許可した．対象症例の症状発症から診断までに要した期間，術後からスポーツ復帰までに要した期間（試合形式の練習に復帰できた時期），術前後の疼痛を NRS（Numerical Rating Scale）を用いて評価した．NRS は主観的評価法で 0 を最小，10 を最大とした．

結　　果

症状発症から診断までに要した期間は平均 8.3 ± 3.1 ヵ月であった．ICP 上昇は 2 例，MRI での信号変化（図 2）は 3 例で認めた．1 例で MRI 信号変化を認めず，明らかな客観的所見を認めなかったが（ICP 測定は行なっていない），MRI にて下腿の疲労骨折などの疾患は否定的であり，運動時に疼痛が出現し，安静にて消失する所見から CEOS と診断した．スポーツを制限し経過観察を行なったが，症状が改善しないため手術加療を行なった．筋膜切開を行なったコンパートメントは前方 8 例，外側 3 例，浅後方 6 例，深後方 1 例であった．6 例中 5 例でスポーツ復帰が可能であり，術後平均 9.4 ± 8.5 週でスポーツ復帰した．また，疼痛（NRS）は 5 症例で改善し，術前と同レベルのスポーツに復帰可能であったが，

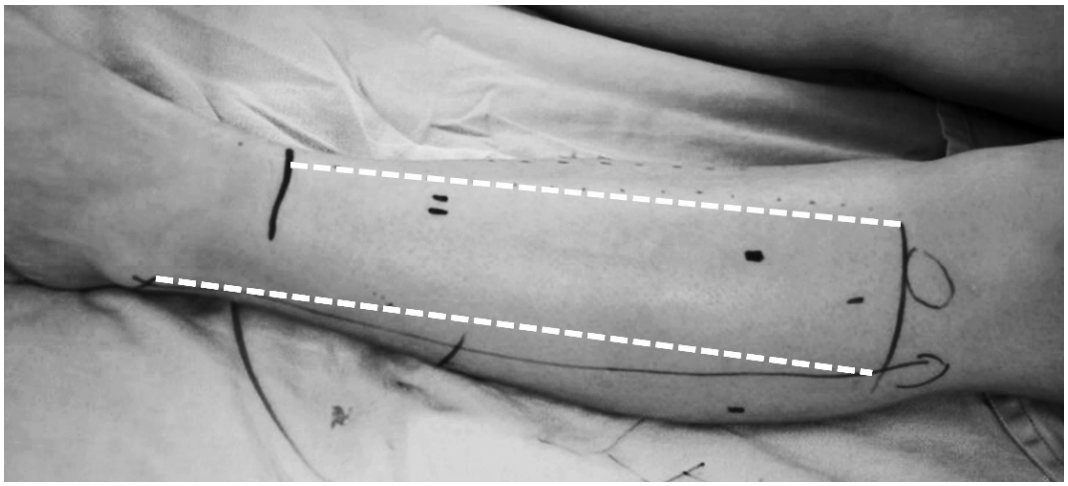


図 1　術中所見
術前に超音波で筋膜切開するコンパートメントの両端を確認した（点線）．

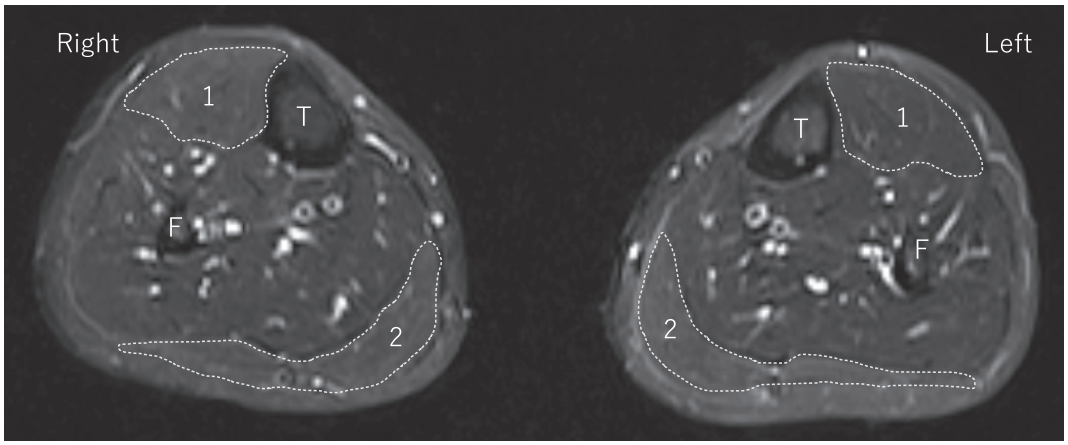


図 2　症例⑥：運動負荷後　下腿 MRI（T2）
運動負荷後 MRI で疼痛箇所と一致した前方と浅後方コンパートメント内に T2 高信号を認めた（点線内）．
T: Tibia. F: Fibula. 1: Anterior compartment. 2: Superficial posterior compartment.

表 1　患者背景と術後成績

症例	年齢・性別	原因	左右	種類	発症から診断までに要した期間	運動負荷検査		術後～スポーツ復帰までに要した期間	疼痛（NRS）	
						ICP	MRI		術前	術後
1	16M	野球	右	深後方	5 ヵ月	+	−	8 週	6	3
2	14F	ハンドボール	両側	前方/外側/浅後方	5 ヵ月	+	+	8 週	10	7
3	56F	マラソン	両側	前方/浅後方	10 ヵ月	−	−	不可	7	7
4	16F	バドミントン	右	前方/外側	12 ヵ月	−	+	24 週	8	0
5	16F	トランポリン	左	前方	11 ヵ月	※	−	3 週	10	0
6	14F	ハンドボール	両側	前方/浅後方	7 ヵ月	※	+	4 週	8	1

※未実施

1 例は改善が乏しくスポーツ復帰できなかった（表 1）.

考　　察

CEOS は安静時に痛みはなく，運動時に下腿痛と下腿硬結感が出現しスポーツ継続が困難となるが，安静にて比較的速やかに改善するといった特徴的な臨床症状を呈する[1]．しかし，客観的評価が得られにくいため診断に苦慮する．本調査では，ICP 測定と MRI 検査を組み合わせることで評価した．ICP 測定は，ゴールドスタンダードな検査と考えられているが，測定方法[6]，基準値[7]に関してさまざまな報告があり，統一した見解がなく，侵襲的な検査であり妥当性が低い[8]とする意見もある．これは，測定方法，基準値にばらつきがあり偽陰性例が多く存在することに起因すると考えられる．過去に，ICP 上昇を認めなかったが，特徴的臨床所見から CEOS と診断し，手術加療を行ない良好な成績が得られた報告[9]があり，本調査でも 1 例で同様な結果が得られ，MRI 検査を併用することで手術加療に至り症状も改善した．MRI 検査は，ICP 測定とは異なり非侵襲的で簡便であり，スポーツ選手に発生する下肢痛の原因としてあげられる疲労骨折やシンスプリントなど[10, 11]の鑑別にも有用である．これらの疾患はいずれも保存療法が第一選択であり，軽快していく症例が多いが，CEOS は手術加療を要する場合があり正確な診断が求められる．MRI 検査の難点は，撮影時間を必要とするため運動負荷直後に評価することが困難であり，本調査では ICP 測定と同様に偽陰性例も存在した．ICP 測定と MRI 検査は両者とも手術適応を判断するうえで重要な要素であると位置付けることができる．また，陰性所見となる場合は，偽陰性例が存在するため，スポーツ選手の下肢痛に対して，CEOS を鑑別にあげ詳細な問診，理学的所見[12]から総合的に治療方針を判断する必要がある．

結　　語

CEOS は客観的指標に乏しく，診断に苦慮することが多いため特徴的臨床所見から疑うことが重要である．アスリートの下肢痛に対して，CEOS を鑑別にあげることが重要である．

文　　献

1）武田寧ほか：慢性コンパートメント症候群．整形・災害外科，42: 667–674, 1999.
2）Pedowitz RA et al: Modified criteria for the objective diagnosis of chronic compartment syndrome of the leg. Am J Sports Med, 18: 35–40, 1990.
3）Rominger MB et al: MR imaging of compartment syndrome of the lower leg: a case control study. Eur Radiol, 14: 1432–1439, 2004.
4）May DA et al: Abnormal signal intensity in skeletal muscle at MR imaging: patterns, pearls, and pitfalls. Radiographics, 20: S295–S315, 2000.
5）McDonald S et al: Compartment syndromes. Semin Musculoskelet Radiol, 14: 236–244, 2010.
6）藤沢基之ほか：スポーツ選手の下腿慢性コンパートメント症候群に対する内視鏡下筋膜切開術．臨スポーツ医，21: 164–168, 2004.
7）Janzing HM et al: Routine monitoring of compartment pressure in patients with tibial fractures: beware of overtreatment!. Injury, 32: 415–421, 2001.
8）Verleisdonk EJMM et al: Long-term results of fasciotomy of the anterior compartment in patients with exercise-induced pain in the lower leg. Int J Sports Med, 25: 224–229, 2004.
9）Aweid O et al: Systematic review and recommendations for intracompartmental pressure monitoring in diagnosing chronic exertional compartment syndrome of the leg. Clin J Sport Med, 22: 356–370, 2012.
10）Gaunder C et al: Popliteal artery entrapment or chronic exertional compartment syndrome? Case Rep Med, 2017: 6981047, 2017.
11）Tucker AK: Chronic exertional compartment syndrome of the leg. Curr Rev Musculoskelet Med, 3: 32–37, 2010.
12）藤沢基之ほか：慢性コンパートメント症候群の診断と治療．関節外科，30: 756–762, 2011.

解剖学的修復術を行なった ハムストリング近位付着部損傷の３例

Surgical Repair for Proximal Hamstring Tendon Injury: three Cases Report

古川　由梨[1)]　Yuri Furukawa
武田　秀樹[1)]　Hideki Takeda
中嶋　耕平[2)]　Kohei Nakajima
半谷　美夏[2)]　Mika Hangai

●Key words
ハムストリング近位付着部損傷，ハムストリング，肉ばなれ

●要旨
比較的稀なスポーツ選手のハムストリング近位付着部損傷を３例経験したので報告する．全例，大腿二頭筋・半腱様筋の共同腱付着部断裂があり，受傷後 10～19 日に坐骨結節にスーチャーアンカーを用いた解剖学的修復術を行なった．術後５ヵ月以降に他動的 SLR にて健患差および修復部位の伸展痛がないこと，さらに大腿近位部 MRI 画像を撮影し，修復状況が良好であることを確認したうえで競技復帰を許可した．全例，元の競技レベルに復帰することが可能であった．継続的に筋力評価を行なえた１例において，術後１年にても膝関節屈曲筋力は健患比 61.3％と回復が遅れていた．筋力回復，再受傷の予防も含めて慎重に経過観察する必要がある．

はじめに

スポーツ選手における筋損傷はハムストリング損傷が最も多いが[1)]，ハムストリングの近位付着部損傷は稀であり見逃されることもある[2)]．受傷機転は股関節屈曲，膝関節伸展といった開脚を強制されるような肢位が特徴的である．治療方法に関しては，保存加療は手術加療に比べてスポーツ復帰率が低く[3, 4)]，臀部の疼痛および引き連れ感や坐骨神経の刺激症状が残存するといった報告もあり[5, 6)]，手術加療が望ましいとされる．また，手術時期に関しては，術中の操作性，術後復帰までの期間，術後成績から受傷後４週以内が望ましいとされる報告が多い[5, 7)]．今回，比較的稀なハムストリング近位付着部損傷を３例経験したので，治療経過について報告し，過去の文献を踏まえて考察する．

症　　例

症例は３例とも女性であり，年齢は 19 歳，26 歳，28 歳であった．スポーツ種目はバドミントンが２例，柔道が１例であった（表１）．受傷機転はバドミントン選手では２例とも汗で濡れたフロアに踏み出した足が滑り，膝関節伸展・股関節過屈曲肢位となり受傷した．柔道選手では相手の払い腰を避けようとして前方に左下肢を開脚した際に，膝関節伸展・股関節過屈曲肢位となり受傷した．３例とも，身体所見にてハムストリング近位付着部の圧痛，抵抗下での膝関節屈曲にて同部位の疼痛誘発，他動 SLR において疼痛性制限による健患差がみられた．さらに大腿近位部 MRI 画像ではハムストリング近位付着部の断裂があり，ハムストリング近位付着部損傷と診断した．

３例とも受傷後 10～19 日に手術を実施した．手術はハムストリングの解剖学的付着部位（坐骨結節付着部）において解剖学的構造（半膜様筋腱が大腿二頭筋と半腱様筋の共同腱の腹側に入り込み付着部で交差する構造）が再現されるように，スーチャーアンカー３本（径 4.5 mm および 5.5 mm Corkscrew® Arthrex）を用いて共同腱を坐骨結節に縫着させ，解剖学的に修復した．半膜様筋腱損傷を認めた症例では，スーチャーアンカーをさ

古川由梨
〒 141-8625　東京都品川区東五反田 5-9-22
NTT 東日本関東病院スポーツ整形外科・整形外科
TEL 03-3448-6111/FAX 03-3448-6127

1）NTT 東日本関東病院スポーツ整形外科・整形外科
Department of Sport Medicine and Orthopedic Surgery, NTT Medical Center Tokyo
2）国立スポーツ科学センタースポーツクリニック
Sports Clinic, Japan Institute of Sports Sciences

表１　患者背景

症例	年齢	性別	受傷側	競技	受傷機転	手術までの期間
1	28	女性	左	バドミントン	踏み出した左足が滑り膝関節伸展・股関節屈曲になり受傷	10 日
2	26	女性	右	バドミントン	踏み出した右足が滑り膝関節伸展・股関節屈曲になり受傷	14 日
3	19	女性	左	柔道	相手の払い腰を避けようと左下肢を前方に開脚し膝関節伸展・股関節屈曲強制され受傷	19 日

表２　後療法

期間（最速目安）	安静度	膝関節屈曲	股関節屈曲	トレーニング
術後～	免荷車いす	90 度以上	ヘッドアップ 60 度以下	足関節底背屈，股関節内転訓練
術後 1 週～	両松葉杖：前足部接地～徐々荷重 UP	60 度以上	0 度以下	側方下肢伸展挙上訓練
術後 2 週～	全荷重歩行	45 度以上	10 度以下	クアドセッティング
術後 3 週～		制限なし	徐々に角度 UP	ハムストリングのアイソメトリック
術後 4 週～		制限なし		自動 SLR，うつ伏せ SLR 両脚ブリッジ，つま先立ち
術後 6 週～				片脚ブリッジ
術後 2 ヵ月～				他動 SLR，スクワット，フロントランジ，エルゴメーター，体幹トレーニング
術後 3 ヵ月～				ジョギング，レッグカール，サイドの動き
術後 4 ヵ月～				ランニング，ノンコンタクト練習
術後 5 ヵ月～				競技復帰

らに 1 本追加して解剖学的に修復した．

後療法は表に示す（表 2）．術直後より修復部に負荷がかからないようにするため股関節屈曲・膝関節伸展が同時に起こらないようにした．ベッド上では膝下に大きなクッションなどを置き膝関節屈曲 90 度以上を保持，ヘッドアップも 60 度までとした．車いすに移乗するときも膝関節屈曲 90 度を可及的に保ち，座位を保持したままとした．術後 1 週から患側は膝関節を 60 度屈曲位，股関節屈曲 0 度で前足部荷重させ，健側の下肢を患側より先に前方に出させるように両松葉杖歩行訓練を開始した．荷重はタッチゲイトから徐々に増加させた．術後 2 週から歩行時は膝関節を 45 度屈曲位までに緩和したが，股関節は屈曲 10 度程度にとどめるようにして全荷重での歩行訓練とした．術後 3 週から歩行時，膝関節は伸展位まで許可，股関節も屈曲角度を徐々に増大させ，術後 4 週から自動 SLR，両脚ブリッジ等を開始した．術後 2 ヵ月から他動 SLR によるストレッチ，スクワット，エルゴメータ等の体幹トレーニングを，術後 3 ヵ月からジョギング，サイドステップを開始した．術後 4 ヵ月からランニング，ノンコンタクトでの練習を始めた．

全例術後 5 ヵ月以降に大腿近位部 MRI 画像を撮影し，修復状況を確認した．さらに他動 SLR に健患差がないこと，ハムストリングの伸展痛がないことを確認したうえで競技復帰を許可した．その後，3 例とも術後平均 8.7 ヵ月で元の競技レベルに復帰した（表 3）．また，可能であれば術後 5 ヵ月，8 ヵ月，12 ヵ月時に等速性筋力測定装置（Cybex®: Lumex 社）を用いて膝関節伸展・屈曲筋力を測定し，膝関節屈曲筋力/伸展筋力対比（以下，H/Q 比）も算出した．

表３　術後経過

症例	競技復帰許可時期*	受傷前レベル復帰時期*	最終経過観察時	
			時期*	SLR
1	5 ヵ月	8 ヵ月	1 年	90°
2	7 ヵ月	1 年	1 年	90°
3	5 ヵ月	6 ヵ月	7 ヵ月	80°

*術後期間

代表症例

症例 1　28 歳女性，バドミントン選手，左利き．

主訴：左殿部痛．

現病歴：バドミントンの試合中，レシーブをしようと踏み出した左足が汗でぬれたフロアの上で滑り，左膝関節伸展・股関節過屈曲肢位となり受傷した．前医を受診し，画像所見，身体所見より左ハムストリング近位付着部損傷と診断され，精査加療目的に当院紹介受診となった．

身体所見：歩行可能であったが，荷重時痛と疼痛性の跛行があった．左坐骨結節部からやや遠位にかけて圧痛があった．腹臥位での左膝関節自動屈曲はできなかった．

画像所見：前医で撮影された大腿 MRI 画像にて左ハムストリングが坐骨結節付着部で断裂して遠位に短縮し

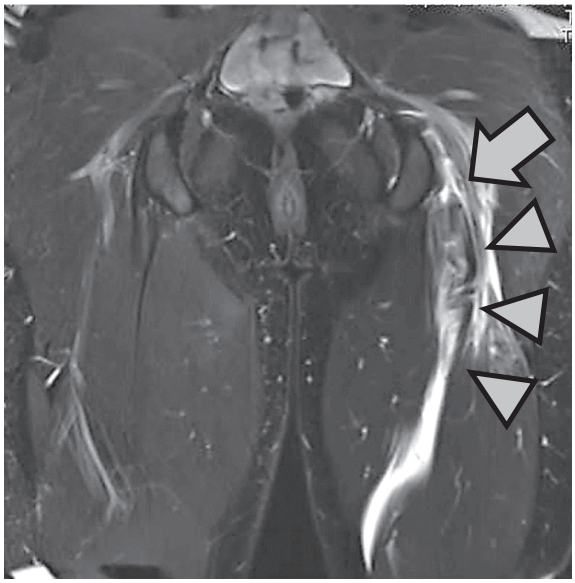


図１　受傷同日両側大腿部
MRI（STIR）：coronal.
矢印：断裂部，矢頭：断裂腱.
坐骨結節部より共同腱が断裂し５cm 程度退縮し，断端腱が波状となっている．周囲に出血を伴っていることが分かる.

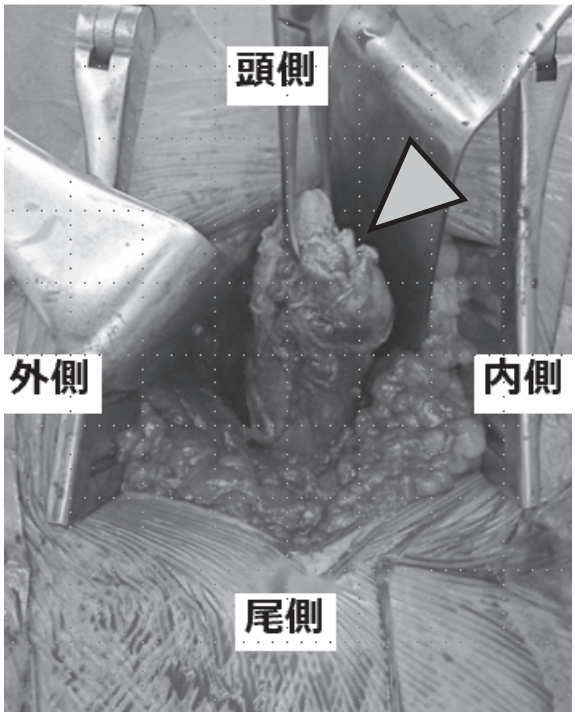


図２　術中所見
矢頭：共同腱.
共同腱が坐骨結節付着部より完全に剥離していた.

ていた（図 1）．以上よりハムストリング近位付着部損傷と診断し，受傷後 10 日目に手術を実施した.

術中所見：大腿二頭筋と半腱様筋の共同腱が坐骨結節付着部より完全に剥離し，半膜様筋腱も部分損傷があった（図 2）．坐骨結節付着部の骨皮質をエアトームにて掘削，母床を郭清した後，スーチャーアンカー３本（径 5.5 mm Corkscrew® Arthrex）を挿入し，坐骨結節に共同腱および半膜様筋腱を縫着させ解剖学的に修復した（図 3）.

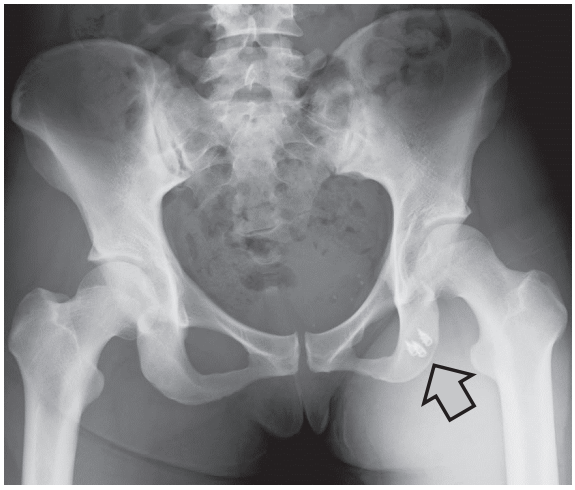


図３　術後骨盤単純 X 線画像（術後４日目）
矢印：挿入アンカー.
坐骨結節付着部にアンカー３本が三角形になるように挿入されていることを確認できた.

後療法は前述（表 2）の通り行ない，術後 5 ヵ月（22 週）の大腿近位部 MRI 画像にて縫着させた腱の連続性があること，周囲の炎症が改善していること，T1 強調画像にて断端部が低信号となり腱線維が太く明瞭に描出されていることを確認した（図 4，5）．さらに健側と比べて膝関節屈曲筋力が 60％程度あること，他動 SLR に健患差がないこと，ハムストリングの伸展痛がないことを確認したうえで競技復帰を許可した．術後 8 ヵ月で元の競技レベルに復帰した.

なお，術後 1 年（51 週）の大腿近位部 MRI 画像にてさらに炎症所見と腱線維の描出が改善していたことから，治癒が進行していると考えられた（図 4，5）．しかし，膝関節屈曲筋力の健患比 61.3％，H/Q 比 44.1％と筋力の回復は遅延していた（表 4）.

考　　察

ハムストリングは二関節筋であるため肉ばなれしやすい筋肉であり，頻度は全肉ばなれの 25～30％[1] と報告がある．一方，ハムストリングの近位付着部損傷はハムストリング損傷のうち 12％，完全断裂は 9％と比較的稀である[2]．よって，疑わないと MRI の撮像範囲から外れ，見逃されることもあるため注意が必要である．見逃された場合，ハムストリングの機能不全に陥り障害が残存した報告もある[8].

また，肉ばなれは，拮抗筋の収縮や介達外力によって生じる筋の過伸展損傷であり，多くは筋線維間や筋腱移

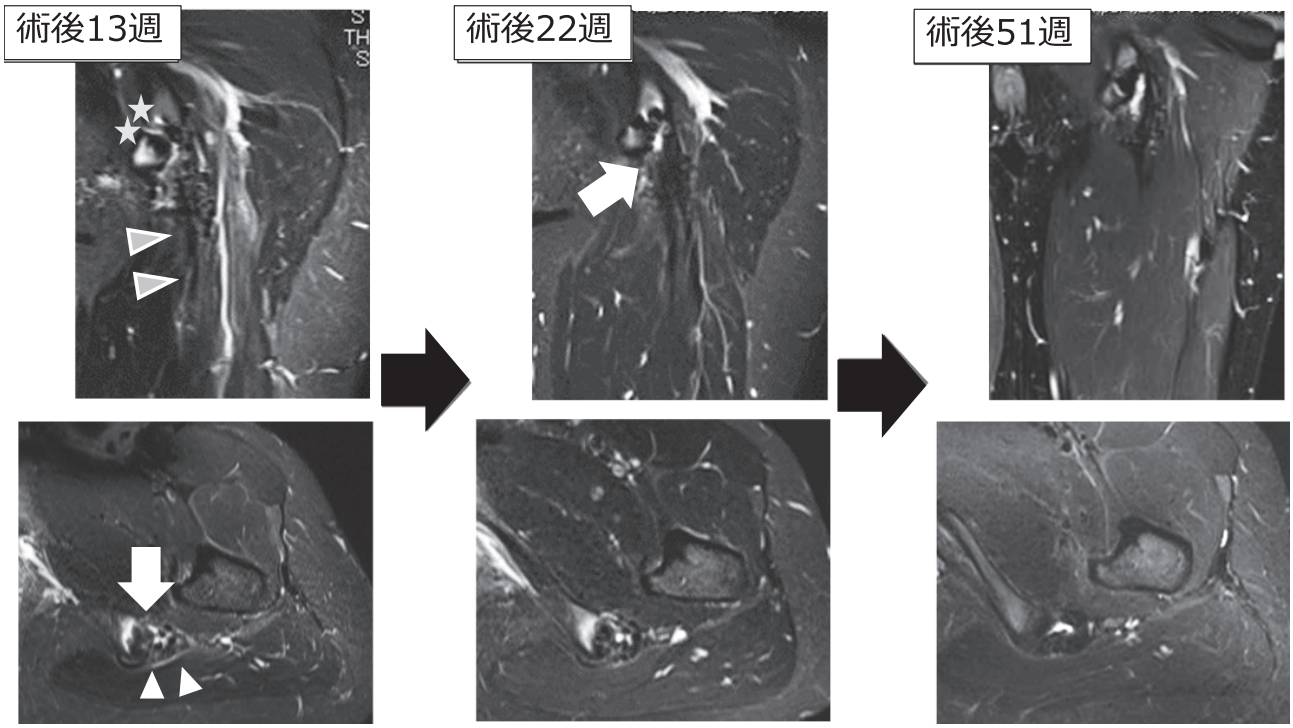


図 4　術後 MRI　両側大腿部（STIR）
上：coronal，下：axial．★：アンカー，矢頭：縫着腱，矢印：断端部，＊術後 51 週の coronal のみ T2 fs.
経時的に腱周囲および腱内部の高信号領域が減少し，炎症が改善していることが分かる．

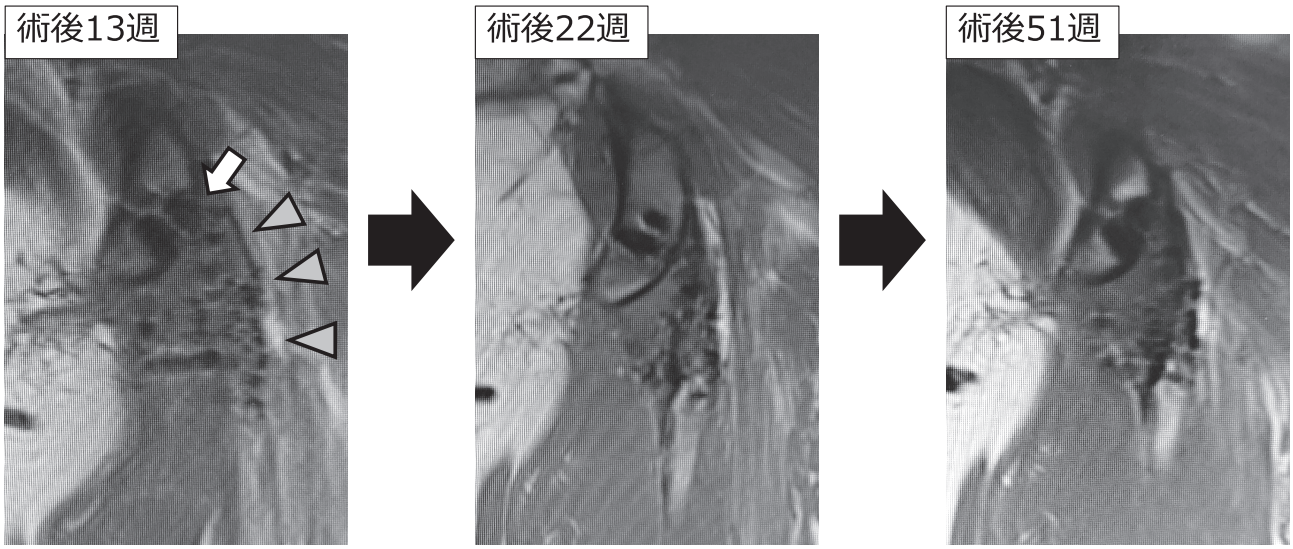


図 5　術後 MRI　両側大腿部（T1 強調画像 : coronal）
矢印：断端部，矢頭：縫着腱．
経時的に断端部の低信号が明瞭になり，腱全体も徐々に太くなっていることが分かる．

表 4　症例 1 の術後経過

	競技復帰許可観察時（5 ヵ月）*	受傷前レベル復帰時（8 ヵ月）*	最終経過観察時（1 年）*
膝屈曲筋力健患比（患側筋力）**	60.3%（41）	66.2%（45）	61.3%（49）
H/Q 比***	43.2%	45.5%	44.1%

*術後期間
**60°/sec での等速性膝関節屈曲筋力の健患比（%）と患側筋力（Nm/kg）
***60°/sec の等速性膝関節屈曲筋力/伸展筋力対比：H/Q 比（%）

行部で断裂が生じる[9]．一方，付着部損傷は強制牽引（開脚強制または前方推進力に対して止まろうと着地したとき）により生じる稀な損傷で[10]，水上スキー，柔道，ダンスに好発すると報告されている[11]．今回の症例も柔道，バドミントンでの開脚強制による受傷であった．

治療法に関しては保存加療と手術加療がある．保存加療ではスポーツ復帰率は58～71％[3, 4]とさほど高くはない．臀部の疼痛や引き連れ感，ハムストリング断端が坐骨神経と癒着することによる坐骨神経の刺激症状が残存するといった報告[5, 6]もあり，また，保存加療の40％の症例はそれらの症状が残存し，機能改善が得られず手術になったとの報告もある[12]．一方，手術加療ではスポーツ復帰率は76～100％と高く[4]，55～100％の症例にて受傷前レベルに復帰していた．また，88～100％の症例で術後の主観的評価が保存加療と比べて高いとの報告[7]や満足度，筋力回復に保存加療と比べて有意差があるといった報告[4]もあることから，手術加療が望ましいと考えられる．

術式に関してはスーチャーアンカーを用いた解剖学的修復の報告が多い[4, 7]．腱断端の縫合方法はさまざまであるが，使用したアンカーの本数は1～5本と報告されている[13, 14]．今回，全例大腿二頭筋と半腱様筋の共同腱が付着部より完全に剥離しており，さらに腱断端が十分に付着部まで引き戻すことが可能であったことから，過去の報告と同様にスーチャーアンカーを用いて解剖学的修復を行なった．全例共同腱の完全断裂があり，また，半膜様筋腱断裂も伴う症例もあり3～4本のスーチャーアンカーを使用し解剖学的修復を行なった．

手術時期に関しては受傷後4週以内を推奨する報告が多くみられた[4]．受傷後4週以内に手術を行なった場合，術後の疼痛が少なく，満足度，筋力回復率，下肢機能スコアが高かったとの報告や[4]，陳旧例では腱の遠位への引き込み量が多く，術後の安静制限期間，スポーツ復帰までの期間が長かったとの報告もある[15]．さらに，陳旧例では断端腱や坐骨神経が周囲と癒着し，瘢痕組織も形成され，手術手技が煩雑となる傾向がある[5, 7]．

術後の筋力に関して，今回の症例では全例評価できていないが，術後2～4年の比較的中長期においては健患比84～91％と良好な筋力回復が報告されている[4, 6, 16]．今回，筋力が評価できた1例では術後5ヵ月で競技復帰は可能であったが，術後1年でも健患比61.3％と低かった．筋力回復が遅れた原因として，以下の2点が考えられた．第1に術後の復帰許可基準としてH/Q比50～60％が望ましい[17]との報告があるが，バドミントン含めラケット競技選手では利き足のH/Q比が他の競技に比べて低いとの報告もある[18, 19]．今回の症例も利き足の受傷であり，筋力回復が不十分でも競技復帰ができ，筋力訓練の必要性を強く感じなかった可能性がある．第2にMRI上，治癒傾向にあったが，炎症が残存した状態で競技復帰をしたため，筋力訓練が進まなかった可能性が考えられた．筋力回復には1年以上を要することが予想され，ハムストリングの損傷において筋力回復が不十分，特に健患比が低いと再受傷しやすいとの報告もあり[20]，術後1年以降も筋力回復，再受傷の予防も含めて慎重に経過観察する必要がある．

今回の症例では3例とも受傷後10～19日で解剖学的修復を行ない，受傷前レベルにスポーツ復帰しており，ハムストリングの近位付着部損傷は早期に解剖学的修復を行なうことが望ましいと考えられた．

文　献

1）Chahal J et al: Clinical and magnetic resonance imaging outcomes after surgical repair of complete proximal hamstring ruptures: does the tendon heal? Am J Sports Med, 40: 2325–2330, 2012.
2）Koulouris G et al: Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. Skeletal Radiol, 32: 582–589, 2003.
3）Sallay PI et al: Hamstring muscle injuries among water skiers. Functional outcome and prevention. Am J Sports Med, 24: 130–136, 1996.
4）Bodendorfer BM et al: Outcomes after operative and nonoperative treatment of proximal hamstring avulsions: a systematic review and meta-analysis. Am J Sports Med, 46: 2798–2808, 2018.
5）Cohen S et al: Acute proximal hamstring rupture. J Am Acad Orthop Surg, 15: 350–355, 2007.
6）Shambaugh BC et al: A comparison of nonoperative and operative treatment of complete proximal hamstring ruptures. Orthop J Sports Med, 5: 2325967117738551, 2017.
7）van der Made AD et al: Outcome after surgical repair of proximal hamstring avulsions: a systematic review. Am J Sports Med, 43: 2841–2851, 2015.
8）Hofmann KJ et al: Complete avulsion of the proximal hamstring insertion: functional outcomes after nonsurgical treatment. J Bone Joint Surg Am, 96: 1022–1025, 2014.
9）Brockett CL et al: Predicting hamstring strain injury in elite athletes. Med Sci Sports Exerc, 36: 379–387, 2004.
10）奥脇透：肉離れの現状．臨スポーツ医，34: 744–749, 2017.
11）Subbu R et al: Timing of surgery for complete proximal hamstring avulsion injuries: successful clinical outcomes at 6 weeks, 6 months, and after 6 months of injury. Am J Sports Med, 43: 385–391, 2015.

12）Piposar JR et al: High-grade partial and retracted（＜2 cm）proximal hamstring ruptures: nonsurgical treatment revisited. Orthop J Sports Med, 5: 2325967117692507, 2017.
13）後藤和海ほか：当院におけるハムストリング腱起始部損傷の手術療法．JOSKAS, 43: 648-652, 2018.
14）Belk JW et al: Return to sport after proximal hamstring tendon repair: a systematic review. Orthop J Sports Med, 7: 2325967119853218, 2019.
15）Wood DG et al: Avulsion of the proximal hamstring origin. J Bone Joint Surg Am, 90: 2365-2374, 2008.
16）Konan S et al: Successful return to high level sports following early surgical repair of complete tears of the proximal hamstring tendons. Int Orthop, 34: 119-123, 2010.
17）Colosimo AJ et al: Hamstring avulsion injuries. Oper Tech Sports Med,13: 80-88.2005.
18）van Lieshout KA: Physiological profile of elite junior badminton players in South Africa.1st ed. Rand Afrikaans University, South Africa: 85, 2002.
19）Cheung RTH et al: H: q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. J Hum Kinet, 33: 63-71, 2012.
20）DeWitt J et al: Recurrent hamstring injury: consideration following operative and non-operative management. Int J Sports Phys Ther, 9: 798-812, 2014.

Internal Impingement における Hyper External Rotation Test（HERT）と水平外転の関係 —新しい理学所見 HERT 変法を用いて—

The Relationship between Hyper External Rotation Test（HERT）and Horizontal Abduction in Internal Impingement: Research of Internal Impingement Using the New Physical Examination Modified HERT

村上　陽司[1)]　Yoji Murakami
岩永　健之[2)]　Kenshi Iwanaga
平野　康輔[2)]　Kosuke Hirano

●Key words
Internal impingement，水平外転，Hyper external rotation test（HERT）変法

●要旨
Hyper external rotation test（以下 HERT）は，internal impingement による疼痛の再現性テストとして有用とされている．一方で HERT 評価時に水平外転角度を増加させると疼痛が増強することをしばしば経験する．そこで従来の HERT に水平外転の評価を加えたものを HERT 変法とし，評価を行なった．HERT 変法陰性まで追跡できた 21 例全例で，HERT 陰性化後も HERT 変法陽性（水平外転角度＞0° における過外旋で疼痛が出現）が継続し，HERT 変法陰性となった．

はじめに

Internal impingement は，肩関節外転外旋位において，棘上筋関節包面と後上方関節唇が衝突する現象で，その概念は 1992 年 Walch ら[1)]が報告した．internal impingement の評価に関して，HERT が広く用いられている[2)]．原は HERT に関して，internal impingement による疼痛の再現性テストとして有効であると報告しており[3)]，「仰臥位で他動的に肩関節 90° 外転，過外旋を加え，肩に疼痛が出現すれば，HERT 陽性とする」と定義されている[4)]．HERT 評価時に水平外転角度を増加させた状態で過外旋を加えると疼痛が増強することを，臨床上しばしば経験する．そこで今回われわれは，HERT と水平外転の関係を検討することを目的とし，従来の HERT に水平外転の評価を加えたものを，HERT 変法として調査を行なった．

対象と方法

患者はベッド上，肩甲骨が固定され，かつ患肢の水平外転動作が損なわれないよう，肩関節がベッド端と一致する位置に仰臥位とする．おおよそ肩関節 90° 肩甲面挙上位より，水平外転角度を少しずつ他動的に増加させながら過外旋を行ない，疼痛が出現した時点での水平外転角度を測定した（図 1）．角度の測定には，Digi-Pas 社製デジタル傾斜計（DWL-80Pro）を用いた．陽性は，水平外転位における過外旋で疼痛が出現するもので，［HERT 変法（＋）水平外転角度］と表記し，陰性は，最大水平外転位における過外旋で疼痛が出現しないもので，［HERT 変法（－）］と表記とする（図 2）．

本研究の対象は，平成 29 年 3 月から令和元年 7 月までに，投球時肩痛を訴え来院した野球選手のうち，理学所見において，HERT 陽性かつ，上腕骨骨端線離開

村上陽司
〒 839-0213　みやま市高田町江浦 280-1
医療法人悠揚会村上整形外科スポーツクリニック
TEL 0944-22-6555

1）村上整形外科スポーツクリニック
Murakami Orthopaedic Sports Clinic
2）村上整形外科スポーツクリニックリハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Murakami Orthopaedic Sports Clinic

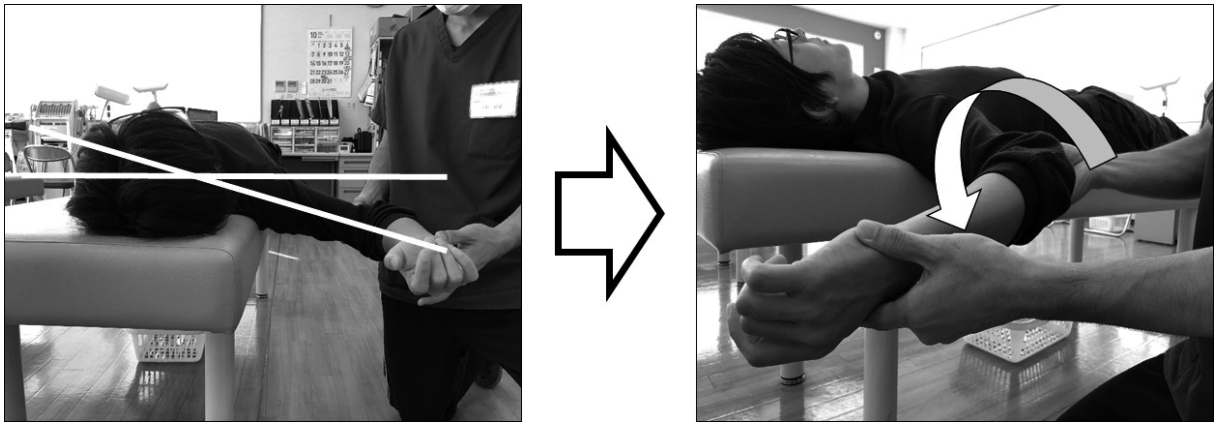


図 1　Hyper External Rotation Test（HERT）変法の実際
他動的に水平外転角度を変えながら過外旋を行ない，疼痛が出現した時点での水平外転角度を測定.

HERT変法 陽性

水平外転位での過外旋で疼痛が出現するもの
［HERT変法（＋）水平外転角度］と表記
［例　HERT変法（＋）＋10°］

HERT変法 陰性

最大水平外転位での過外旋で疼痛が出現しないもの
［HERT変法（－）］と表記

図 2　HERT 変法の定義と表記

（リトルリーグショルダー）を除いた 40 例中，HERT 変法（－）まで追跡できた 21 例で，全例男性，年齢は，13 歳から 34 歳で平均 17.9 歳，野球歴は 1 年から 24 年で平均 8.8 年であった．ポジションは，投手 10 名，内野手 7 名，外野手 4 名であった．症状発現から治療介入までの期間は，2 日から 540 日で平均 66.43 日であった．治療は全例に可及的投球制限（ノースロー 18 例，投球制限 3 例）を行ない，理学療法として下肢体幹ストレッチ，肩甲上腕関節，肩甲胸郭関節の可動域訓練，および腱板訓練，肩甲骨周囲筋の筋力強化訓練等を施行，測定は理学療法開始前に行なった．

結　　果

初回 HERT 変法（＋）時の水平外転角度は，平均－8.39（－45～17.3）° であった．HERT 変法（－）時の水平外転角度は，平均 23.08（13～34.2）° であった．HERT 変法初回計測時から陰性化までの期間は，平均 22.76（3～81）日であった．

全 21 例の HERT 変法（＋）時の水平外転角度の経過をグラフに示す（図 3）．縦軸が水平外転角度，横軸が

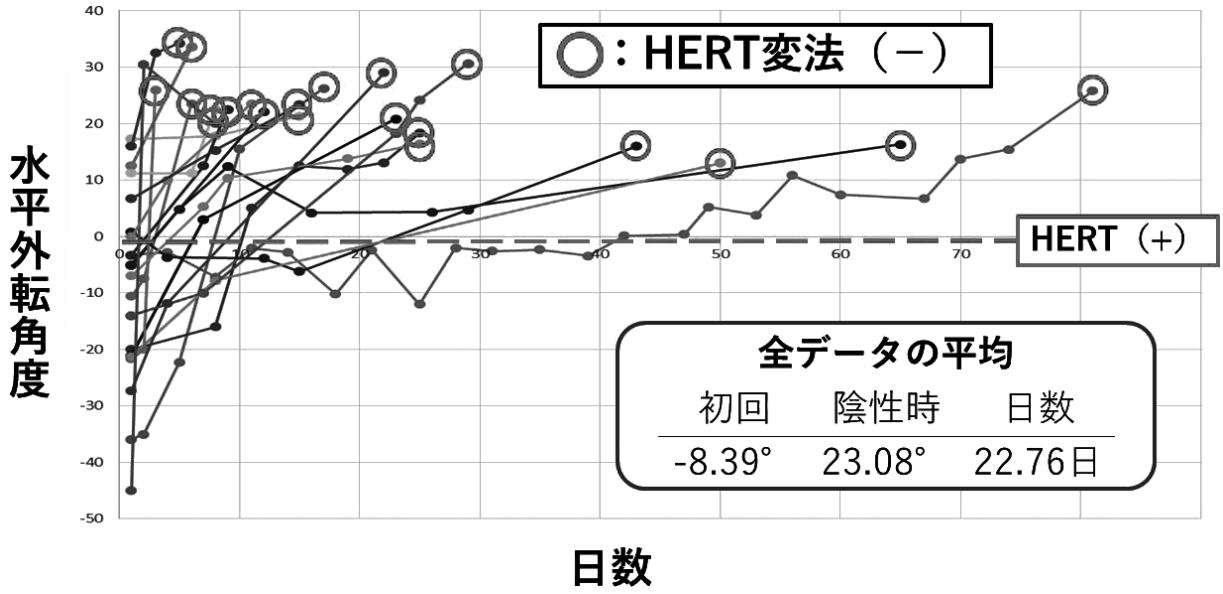


図 3　HERT 変法（＋）時の水平外転角度
水平外転 0° は従来の HERT（＋）である．
○は HERT 変法（－）を示している．

日数である．全例で，経過とともに疼痛が出現する水平外転角度は増加しており，右肩上がりのグラフとなり，最終的に HERT 変法（−）となった．

考　　察

Mihata らは，internal impingement に関して，屍体肩を用いた研究を行ない，「肩関節 90° 外転位，最大外旋位において，水平外転角度を増加させると，大結節と肩甲骨関節窩との間に挟み込む腱板の範囲が増大し，impingement された腱板や，関節唇にかかる圧力も増強した」と報告している[5]．これは，「水平外転角度の増加により，腱板は，大結節と関節窩との間に，より強く広範囲に接触する」と言い換えることができる．今回の研究において，全例で HERT 陰性化後も，HERT 変法（+）［水平外転角度＞0°］が継続し，最終的に HERT 変法（−）となった．そこで，今回の結果を簡略化したグラフに示す（図 4）．○から□までの間は，HERT が陰性化した後でも，水平外転角度を増大させて過外旋すると，疼痛が再現できた範囲である．これは，Mihata らの研究と照らし合わせると，腱板と関節窩がより強く広範囲に接触することで疼痛を再現できた範囲と考えられる．つまり，水平外転角度が増加した状態での外旋では，internal impingement の危険性がより高まることを示唆している．□の HERT 変法（−）は，最大水平外転位における最大限の接触でも，疼痛が出現しなかったことを示しており，患部は治癒もしくは炎症が沈静化した状態にあると考えられる．これは，投球開始時期の判断の一助になるものと考える．

投球動作においても，水平外転角度が増加した状態での外旋では，腱板と関節窩がより強く広範囲に接触するため，internal impingement は増悪すると考えられる．つまり，水平外転位で投球相の最大外旋をとらないことが重要である（図 5）．ただし，投球相の最大外旋時に肩甲骨の内転が十分行なわれている場合は，見かけ上は肩関節が水平外転位であっても，肩甲上腕関節は水平外転位となっていない場合もあり得ると考えられるため[6]，そのことを十分に考慮して患者側に伝える必要がある．

また Mihata らは，「前額面（水平外転 0°）より水平外転させることにより internal impingement の危険性が高くなる」とも報告している[5]．よって図 4 のグラフ○までの範囲，つまり HERT 変法（+）［水平外転角度＜0°］は，「impingement がなくとも疼痛が出現した範囲」と解釈可能である．これは，関節内の炎症が impingement 部位以外にも波及していることや肩峰下の impingement による疼痛を捉えている可能性を示唆する．初回 HERT 変法（+）時の水平外転角度のばらつきは，このように炎症の範囲や別部位の疼痛を捉えることにより生じたものと考えられる．そして HERT 変法（−）時の水平外転角度にもばらつきを認めるが，これは個々の関節可動域（柔軟性）の差によって生じたものと考える．HERT 変法初回計測時から陰性化までの期間においてもばらつきを認めるが，これは症状発現から治療介入までの期間が関与していた可能性がある．今回は詳細な数値の検討や統計処理ができていないため，今後さらに症例数を増やして詳細に検討していきたい．

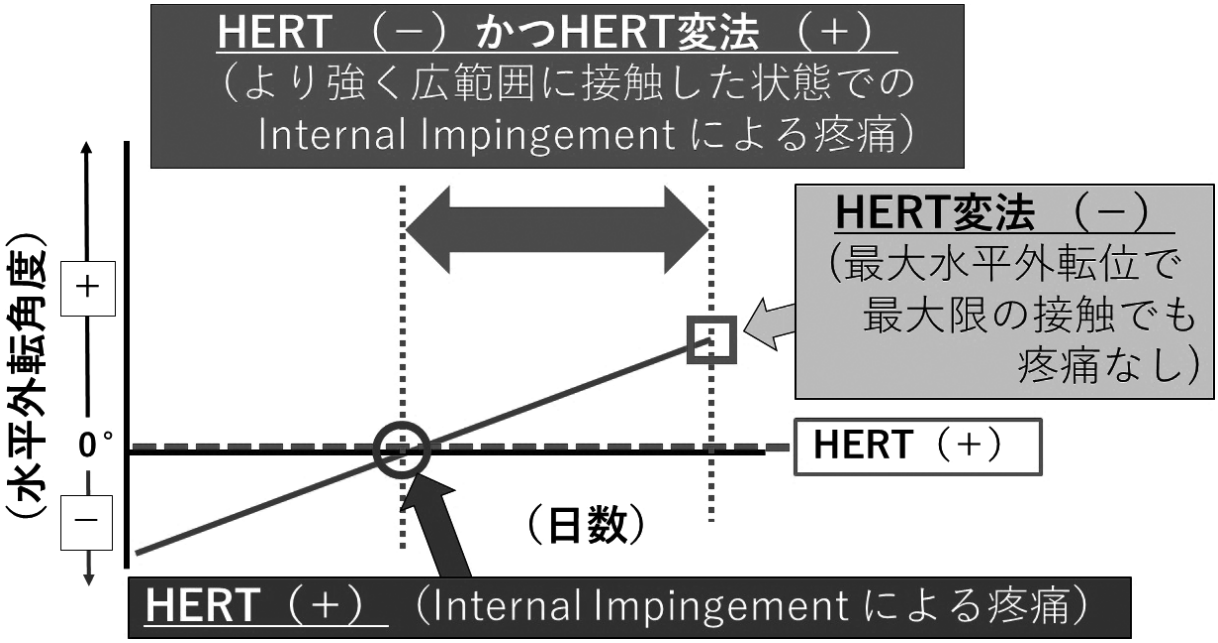


図 4　HERT 変法（+）時の水平外転角度　簡略化グラフ
水平外転 0° での疼痛は，HERT 変法（+）を示している．

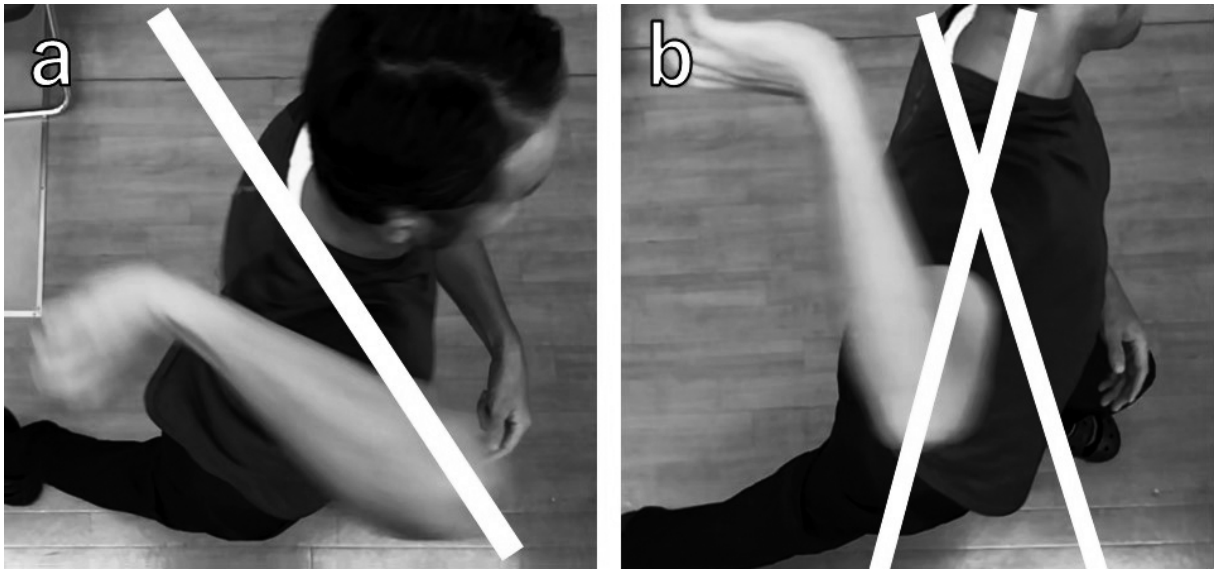


図５　投球動作
水平外転位で投球相の最大外旋をとらないことが重要.
a：良い例，b：悪い例.

結　　語

1. 水平外転位での過外旋の評価を行ない，疼痛が出現した際の水平外転角度を測定した.
2. 全例で，HERT（−）かつ HERT 変法（+）［水平外転角度＞0°］を経て，HERT 変法（−）となった.
3. 水平外転位における外旋は，internal impingement の危険性が高まることが示唆された.

文　　献

1）Walch G et al: Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim: an arthroscopic study. J Shoulder Elbow Surg, 1: 238–245, 1992.
2）原正文：復帰に向けて何を目安にどう選手に指導したらよいか―肩の投球障害を中心に―．関節外科，22: 1189–1194, 2003.
3）原正文：投球障害肩患者に対する診察と病態把握のポイント．Orthopaedics, 20: 29–38, 2007.
4）福田尚子ほか：投球障害肩に対する Hyper External Rotation Test の MRI 画像からみた評価．九州山口スポーツ医研会誌，22: 119–123, 2010.
5）Mihata T et al: Excessive glenohumeral horizontal abduction as occurs during the late cocking phase of the throwing motion can be critical for internal impingement. Am J Sports Med, 38: 369–374, 2010.
6）Mihata T et al: Effect of scapular orientation on shoulder internal impingement in a cadaveric model of the cocking phase of throwing. J Bone Joint Surg Am, 94: 1576–1583, 2012.

高校バスケットボール選手における膝前十字靱帯損傷の受傷時期に関する予備的調査

Seasonal Variation in the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injuries for High-school Basketball Players: a Preliminary Study

石田　知也[1, 2)] Tomoya Ishida
松本　　尚[2)] Hisashi Matsumoto
井上　千春[3)] Chiharu Inoue
鈴木　　信[2)] Makoto Suzuki
金子　　知[3)] Satoru Kaneko
青木　喜満[3)] Yoshimitsu Aoki

●Key words
前十字靱帯損傷，バスケットボール，疫学

●要旨
本研究の目的は，高校バスケットボール選手における膝前十字靱帯（ACL）損傷の受傷時期について調査し，その傾向を検討することである．初回 ACL 損傷を来した高校バスケットボール選手 107 人を対象に，受傷した月を調査した．受傷者数は各月で一様ではなく，4 月（15 人），5 月（15 人），8 月（19 人）の受傷が多いことが明らかとなった（$P<0.001$）．また，これらの 3 つの月では，練習中の受傷が 47.5％であったのに対し，その他の月では 25.5％であり，受傷者数が多い月では練習中の受傷割合が高かった（$P=0.029$）．本研究結果は高校バスケットボール選手における ACL 損傷には好発時期がある可能性を示唆し，詳細な調査を行なう必要性を示した．

はじめに

バスケットボール競技は，膝前十字靱帯（ACL）損傷の発生が最も多い競技の一つである[1~3]．日本スポーツ振興センターの災害共済給付状況によると，高校生の ACL 損傷は，女子ではバスケットボールが最も多く，男子でも 2 番目に多いと報告されている[1)]．このような実態から，バスケットボール選手を対象にさまざまな ACL 損傷予防プログラムが報告されているが，ACL 損傷の総数に減少の傾向は認められていない[2)]．

ACL 損傷の総数が減少しない原因として，ACL 損傷予防プログラムが現場に広く浸透しないことや，導入されても継続されない点が指摘されている[4~6)]．予防プログラムの実施には，指導のためのマンパワーや，実施時間の確保が必要であり，現場ではこのような負担が懸念されている[7, 8)]．これらの問題への対応策の一つとして，実施期間を限定して集中的に実施することがあげられる．他の競技では，ACL 損傷の好発時期があり，シーズンインの時期や，シーズンピークの時期に発生が多いことが報告されている[9, 10)]．バスケットボール競技における ACL 損傷は，練習中よりも試合中に多く発生することが報告されており[3, 11)]，高校バスケットボール選手の ACL 損傷にも好発時期が存在する可能性が考えられる．ACL 損傷が多い時期を明らかにすることは，期間を限定した集中的予防介入を検討するうえで有用な情報となり，現場における時間的負担の軽減に繋がる可能性がある．しかし，本邦における高校バスケットボール選手の ACL 損傷の発生時期について検討した報告はない．そこで本研究では，当院で過去 10 年間に ACL 再建術を施行した高校バスケットボール選手の受傷時期について調査し，その傾向について検討することを目的とした．仮説は，高校バスケットボール選手の ACL 損傷は 2 つの公式戦が短期間で開催され，シーズンインの時

石田知也
〒 060-0812　札幌市北区北 12 条西 5 丁目
北海道大学大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野
TEL/FAX 011-706-3531
E-mail t.ishida@hs.hokudai.ac.jp

1）北海道大学大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野
Department of Rehabilitation Science, Faculty of Health Sciences, Hokkaido University
2）整形外科北新病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation Hokushin Orthopaedic Hospital
3）整形外科北新病院
Department of Orthopaedic Surgery, Hokushin Orthopaedic Hospital

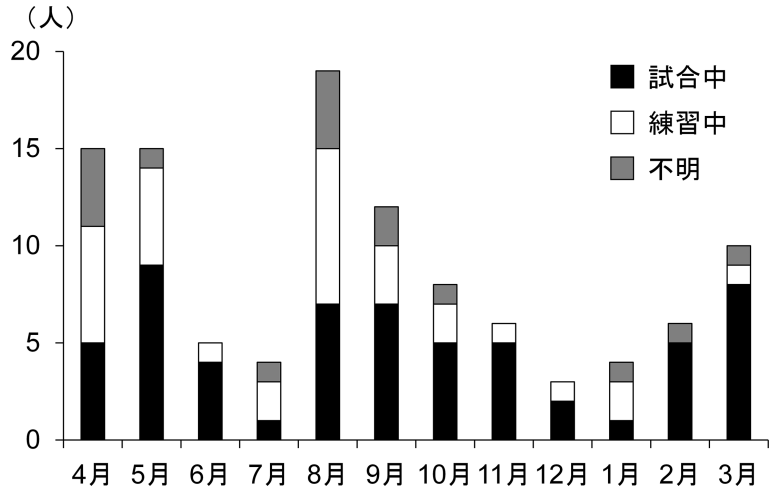


図１　各月の受傷者数と受傷時の状況（N＝107）

期でもある４月から５月に多い傾向にあるとした．

対象および方法

2009 年 4 月から 2019 年 3 月までの 10 年間で，当院において ACL 再建術をした症例を対象とし，そのうちバスケットボール部の活動中に ACL を損傷した高校生 107 人について分析した．

各対象について，受傷日および受傷メカニズムを調査した．また，受傷時の状況に関して，試合中（公式戦，練習試合を含む）か練習中かを調査した．受傷メカニズムはノンコンタクト，インダイレクト，ダイレクトの３つに分類し，定義は以下のとおりとした[12, 13]．ノンコンタクト：他者との明らかな接触がないもの，インダイレクト：体幹など損傷側の下肢以外への接触があったもの，ダイレクト：膝関節を含む損傷側の下肢に直接外力が加わったもの．

統計学的解析では，χ^2 検定による適合度検定を用いて，月ごとの受傷者数が一様であるかを検討した．また，受傷者数が多い月の特徴を明らかにするために，受傷者数が多かった３つの月（上位 25％）と，その他の月の受傷時の状況（試合中／練習中）について χ^2 検定を用いて比較した．さらに，受傷メカニズムと受傷時の状況（試合中／練習中）に関して，性差があるか χ^2 検定を用いて検討した．有意水準は 5％未満とした．統計学的解析には IBM SPSS Statistics 22（IBM 社，Armonk，NY，USA）を用いた．

結　　果

対象者の内訳を表１に示す．女性が多く，学年別では高校２年生が最も多かった．

月ごとの受傷者数は有意に異なっていた（$P<0.001$，図 1）．受傷者が最も多かったのは８月で 19 人，次いで４月と５月がそれぞれ 15 人であった．ひと月あたりの受傷者数が多かったこれらの３つの月では，試合中の受傷が 52.5％（21 人），練習中が 47.5％（19 人）であった．それに対し，その他の月では試合中が 74.5％（38 人），練習中が 25.5％（13 人）と受傷時の状況が有意に異なっていた（$P=0.029$）．

受傷メカニズムに関して，男女で統計学的な差はなかった（$P=0.566$，表 2）．一方，受傷時の状況については，試合中の受傷が，女性では 58.3％であったのに対し，男性では 89.5％と有意に異なっていた（$P=0.011$，表 3）．

表１　対象の内訳（人）

	女子	男子	計
高校１年生	27	6	33
高校２年生	39	14	53
高校３年生	13	8	21
計	79	28	107

表２　男女による受傷メカニズムの比較（人（％））

	女子	男子	P 値*
ノンコンタクト	57（72.2）	18（64.3）	0.566
インダイレクト	15（19.0）	8（28.6）	
ダイレクト	7（8.8）	2（7.1）	

*χ^2 検定

表３　男女による受傷時の状況の比較（人（％））

	女子	男子	P 値*
試合	42（58.3）	17（89.5）	0.011
練習	30（41.7）	2（10.5）	

受傷時の状況が不明であった 16 名は除く
*χ^2 検定

考　　察

本研究の目的は，高校バスケットボール選手における ACL 損傷の受傷時期を調査し，その傾向を検討するこ

とであった．本研究結果より，高校バスケットボール選手の ACL 損傷には，好発時期がある可能性が示唆された．

本研究の対象における ACL 損傷は 4 月，5 月，8 月に多く発生していた．4 月と 5 月には春季大会と総合体育大会がある．2 ヵ月間で 2 つの大会が開催されるということが，最初のピークの要因の一つであると考えられる．また，この時期から本格的なシーズンインとなるため，練習内容も実践的なものが多くなると考えられる．選手個人としても，メンバー選出のために練習への取り組みが激しくなると予想され，練習面での変化も最初のピークに影響した可能性が考えられる．他の競技でも，シーズンインの時期に ACL 損傷の発生が多いことが報告されている[10]．2 つ目のピークである 8 月に関しては，夏休み中の試合数や練習量の増加が要因として考えられる．これらの 3 つの月の特徴として，試合中だけではなく，練習中の受傷が多いことがあげられる．練習中の受傷が多い理由を本研究から明らかにすることはできないが，練習量の増加や疲労の蓄積によるコンディショニング不良などが影響した可能性が考えられる．今後はこの時期の受傷背景についてより詳細に検討することで，どのような介入が必要かを明らかにする必要がある．

受傷メカニズムは男女ともにノンコンタクトが 7 割前後であった．一方で，女性は男性よりも練習中の受傷が多かった．受傷時の状況が男女で異なることから，予防介入においても必要なアプローチが異なる可能性がある．

ACL 損傷予防プログラムの実施により，バスケットボール選手の ACL 損傷発生が低下したと報告されている[14]．しかし，他の先行研究では，介入期間終了後に予防プログラムが継続されなかったことが報告されている[4~6]．また，介入終了後の追跡調査では，プログラムが継続されなかった結果，発生件数が介入前と同程度に戻ったという報告もある[5, 6]．指導者からは時間を割くことが難しいとの意見もあり[8]，予防プログラムを現場に定着させる工夫が必要である．予防プログラムには，短期間の集中的介入や，プレシーズンでの集中的介入と週 1 回の継続を組み合わせたものもある[15~17]．本研究より，高校バスケットボール選手の ACL 損傷には好発時期があることが示唆され，このような時期に焦点を当てた集中的介入が有用である可能性が考えられる．今後は，時期を考慮した集中的介入と，年間を通じた予防介入の効果を比較検証する必要がある．

本研究の限界として，一施設での ACL 再建術患者のみを対象としている点があげられる．地域によって大会の日程が異なることもあり，他の地域では傾向が異なる可能性がある．また，対象数が少ないためバイアスが存在する可能性がある．今後は，多施設での共同研究や，競技団体と協力して，大規模なデータを収集することによって，より確かな傾向を明らかにすることが必要である．もう一つの限界として，後ろ向き研究であるため，練習時間や試合時間を考慮できていないことがあげられる．今後は，1000 Player-Hours といった指標のように，参加時間を加味した前向き調査を行なうことで，どのような要因が受傷時期の傾向に影響しているかを詳細に分析する必要がある．

結　　語

本研究結果は，高校バスケットボール選手における ACL 損傷が 1 年を通して一様に発生しておらず，好発時期がある可能性を示唆し，詳細な調査の必要性を示した．また，受傷者が多い月では，他の月と比較して練習中の受傷が多い傾向が認められた．

文　　献

1）高橋佐江子ほか：我が国の中高生における膝前十字靱帯損傷の実態．日臨スポーツ医会誌，23: 480-485, 2015.
2）Agel J et al: Collegiate ACL injury rates across 15 sports: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System Data Update（2004-2005 Through 2012-2013）. Clin J Sport Med, 26: 518-523, 2016.
3）Joseph AM et al: A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. J Athl Train, 48: 810-817, 2013.
4）Kiani A et al: Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. Arch Intern Med, 170: 43-49, 2010.
5）鈴川仁人ほか：中学生バスケットボール選手に対する下肢外傷予防プログラムの実施効果．日臨スポーツ医会誌，23: 206-216, 2015.
6）Myklebust G et al: ACL injury incidence in female handball 10 years after the Norwegian ACL prevention study: important lessons learned. Br J Sports Med, 47: 476-479, 2013.
7）Myer GD et al: Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in “high-risk” versus “low-risk” athletes. BMC Musculoskelet Disord, 8: 39, 2007.
8）永吉由香ほか：高校女子バスケットボールにおける前十字靱帯損傷予防トレーニング普及の現状―顧問教諭が医療機関に求めるもの―．九州山口スポーツ医研会誌，29: 103-106, 2017.
9）Wise PM et al: Impact of anterior cruciate ligament reconstruction on NCAA FBS football players: return to play and performance vary by posi-

tion. Orthop J Sports Med, 7: 2325967119841056, 2019.
10）Bradley JP et al: Anterior cruciate ligament injuries in the National Football League: epidemiology and current treatment trends among team physicians. Arthroscopy, 18: 502–509, 2002.
11）佐々木静ほか：バスケットボールによる膝前十字靱帯損傷の受傷機転調査．JOSKAS, 37: 637–642, 2012.
12）Krosshaug T et al: Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. Am J Sports Med, 35: 359–367, 2007.
13）Olsen OE et al: Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. Am J Sports Med, 32: 1002–1012, 2004.
14）浦辺幸夫ほか：膝前十字靱帯損傷予防プログラムの実施効果．日臨スポーツ医会誌，15: 270–277, 2007.
15）大見頼一ほか：実践的膝前十字靱帯損傷予防プログラムが下肢動的アライメント，膝屈曲筋力，ジャンプ力に及ぼすトレーニング効果とその予防効果．日臨スポーツ医会誌，16: 241–249, 2008.
16）Lim BO et al: Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. Am J Sports Med, 37: 1728–1734, 2009.
17）Noyes FR et al: A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school basketball players. J Strength Cond Res, 26: 709–719, 2012.