

<整形外科>

① ジャンプ障害

② 月坂和宏

③

④ 今日の治療指針 2008

⑤ P807-808、2008 年

ジャンプ障害 jumping injury

月坂和宏 マツダ病院・整形外科部長

病態と診断

ジャンプ動作による下肢の過労性障害を指し、代表的なものにジャンパー膝、跳躍型脛骨骨幹部疲労骨折がある。ジャンプの離着地では膝伸展機構にかかるストレスが強いため膝蓋骨上下の腱（大腿四頭筋腱、膝蓋腱）にその障害が発生する。ジャンパー膝とは膝蓋腱炎、大腿四頭筋腱炎を含めた呼称であり、それらの腱の膝蓋骨への付着部に繰り返し牽引力が加わり、その部位の微小断裂を生じると考えられている。跳躍型脛骨骨幹部疲労骨折は、着地動作の繰り返しで脛骨の中央骨幹部に応力が集中するために生じる。

いわゆるオーバーユースが主因であるが、個体要因（下肢のアライメント異常、拮抗筋力のアンバランス、関節や筋肉の柔軟性、脛骨の前弯やねじれなど）と環境要因（練習量、練習内容、グラウンドや体育館の床の堅さなど）が複合して過労性障害が発生する。

診断においては問診が重要であり、疼痛の発生状況と前述の環境要因を詳細に聴取することから始まる。診察においては実際に押さえてみるものが大切であり、圧痛部位を正確に把握して的確な診断を下し、次に病態に影響を及ぼす個体要因を探る。X線は疲労骨折の診断に有用であり、MRIは靭帯や筋・腱の炎症および疲労骨折の早期診断に有用である。

治療方針

病態を把握し、その個体および環境要因を改善することが治療の基本である。

A. ジャンパー膝

保存治療が原則である。痛みの程度によってはスポーツを休止させるべきではあるが、その安易な指示は患者にとって苦痛となることが多い。スポーツを続ける限り再発のリスクは免れないので、患者のニーズを聞き入れて適宜対応していくことも必要である。その際大腿四頭筋の他動伸張、自動収縮および抵抗下運動時の痛みの程度を把握することが、治療

効果の判定や復帰の目安として有用である。一般的に後述の薬物療法や消炎鎮痛処置を行うが、大腿四頭筋を柔軟にするためストレッチは平素から励行させる。また拮抗筋であるハムストリングや骨盤を支える殿筋群をバランスよくトレーニングすることも肝要である。難治例に関しては手術的に変性腱部分を切除することもある。

Px 処方例 下記 1)–3)のいずれか、または適宜組み合わせで用いる。

- 1) インテバンクリーム 1日数回 塗布、またはモーラステープ 1日1回 貼付
- 2) ロキソニン錠 (60mg) 3錠 分3 食後
- 3) デカドロン注 1回2mg (0.5mL) + 1%カルボカイン注 1回 2mL 圧痛部位に局注。ステロイドの局注は靭帯や腱の脆弱化をもたらすので2–3回で中止

B. 跳躍型脛骨骨幹部疲労骨折

ジャンプ活動の休止と保存治療が基本となるが、本骨折は難治性であり治療に長期間を要すること、スポーツ再開による再発例もまれではないこと、完全骨折に至る場合があることなどから手術治療も選択肢の1つとなりうる。手術では、髄内釘（横止めは不要）を挿入することで骨の剛性を高める方法がよいと思われる。特に遷延治癒や再発例、脛骨の前弯が強い例、さらに競技レベルの選手で確実に早期の復帰をめざす例には積極的に考慮してよいと考える。スポーツを続ける間は抜釘はしない。しかし手術のリスクも十分に考慮して患者のニーズと病態のバランスから判断すべきである。

■患者説明のポイント

- ・障害部位のストレッチやアイシングについては方法・時間・回数などの具体的な指示を行い、セルフケアが重要であることを理解させる。
- ・練習環境の改善には指導者の理解と協力も必要であることを説明する。

<整形外科>

- ① 特集:上肢の外科—最近の進歩—肩甲骨関節窩前縁骨折(新鮮例)に対する鏡視下骨接合術
- ② 菊川和彦
- ③ 奥平信義、山本 進*
- ④ 別冊整形外科
- ⑤ 第 54 巻、P33-39、2008 年

肩甲骨関節窩前縁骨折（新鮮例）に対する鏡視下骨接合術*

菊川和彦 奥平信義 山本 進**

はじめに

肩甲骨関節窩骨折はまれな骨折で、Ideberg によれば 5 型に分類される¹⁾。これらのうちもっとも頻度が高い type I，すなわち関節窩前縁骨折では、骨片が大きく転位があるものや（亜）脱臼を生じるなどの不安定性の残存が懸念される場合に手術的治療が選択されてきた。術式は、従来は直視下の骨接合術が主であったが^{2,3)}、近年の鏡視下手術の隆盛に伴い、関節内から骨折部を整復固定する鏡視下骨接合術の報告も散見される⁴⁻⁸⁾。当科でも 2005 年以降、直視下骨接合術からスーチャーアンカーを用いた鏡視下骨接合術に術式を変更し、その有用性を報告してきた⁹⁾。以下に、本法の手術適応、手術術式、治療成績、直視下法との比較について述べる。

I. 手術適応

関節窩前縁骨折のうち、（亜）脱臼が持続する、整復されても容易に脱臼するなど不安定性があるものを手術適応とした。ただし、受傷後早期の段階で将来的な不安定性の有無が判断しづらい場合も多く、スポーツを行う若年者などで転位や骨片の大きさから不安定性の残存が予想される場合は、積極的に手術を行っている。骨片の大きさについては、本法を開始した当初は手技的な問題もあり、白蓋関節面の 25% 以上の 1 例で直視下法に移行したが、2006 年以降は骨片の大きさにかかわらず、すべての症例で本法を行っている。

II. 手術手技

基本的な手術手技は反復性肩関節前方脱臼に対する鏡視下 Bankart 修復術（スーチャーアンカー法）に準ずる。体位は側臥位でもビーチチェアポジションでもよい。当科では両者とも経験があるが、優劣はなく術者の慣れた体位でよいと思われる。まず、麻酔下に徒手的に不安定性について健側も含めて評価する。骨片の転位が小さくても麻酔下で改めて不安定性が確認される場合もある。ポータルは前方、前上方および後方ポータルを使用するが、前方ポータルは骨片に対する操作を容易にするため、通常より下方の肩甲下筋との境界部に作成している。カニューラは基本的には使用せず、縫合糸の締結時のみ使用する。関節鏡は 30° 斜視鏡のほか 70° 斜視鏡を併用している。

まず後方ポータル、続いて前方ポータルより関節内を鏡視し、骨折部の転位の程度、骨片と関節唇との連続性、前下方上腕関節靭帯複合体 (AIGHL complex) の状態などについて評価する (図 1a)。続いて、骨折部を VAPR System (Dupuy Mitek 社, Norwood) などの高周波電気メスやシェーパなどにより新鮮化し、骨片を mobilize した後、可能な限り上方、白蓋関節面の元の位置へ骨片に付着する関節唇靭帯複合体ごと整復する (図 1b)。骨片の大きさに合わせて対応する白蓋面に吸収性アンカー (Panalok : Dupuy Mitek 社) を挿入し (通常右肩で 3 時, 4 時, 5 時)、スーチャーフックやカスバリパンチによりスーチャーリレー法で骨片下端 (関節唇)、骨片中央 (骨片下方からすくうように糸を通すか、あるいは骨片に直接糸を通す) [図 1c]、骨片上端

Key words

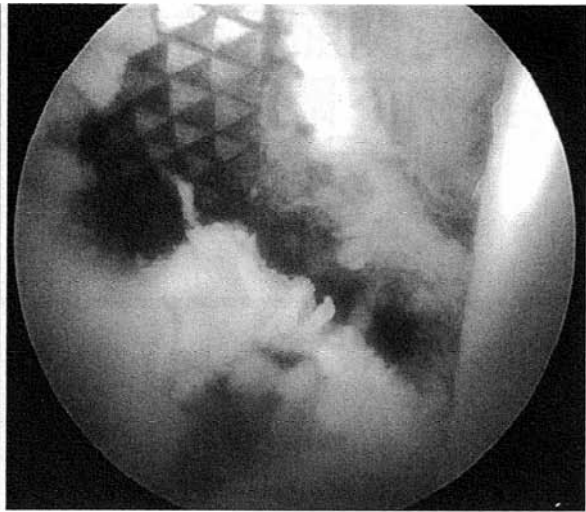
glenoid fracture, arthroscopic reconstruction, shoulder dislocation

* Arthroscopic reconstruction of acute anterior glenoid fracture

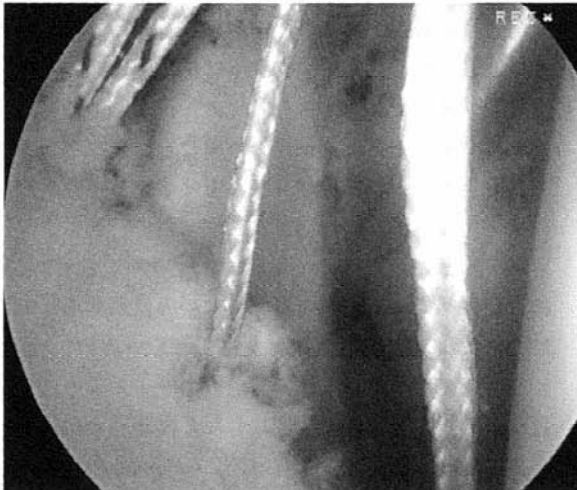
** K. Kikugawa (部長), N. Okuhira (院長) : マツダ病院整形外科 (☎735-8585 広島県安芸郡府中町青崎南 2-15 ; Dept. of Orthop. Surg., Mazda Hospital, Hiroshima) ; S. Yamamoto (部長) : 松山赤十字病院整形外科.



a. 骨折部の転位の程度，骨片と関節唇との連続性，前下方上腕関節靭帯複合体の状態などを評価する(70°斜視鏡)。



b. 骨折部の剝離・整復を行う。



c. 骨片中央では骨片下方からすくうように糸を通すか，あるいは骨片に直接糸を通す。



d. 下方から骨折部の整復状態を確認しつつ縫合していく。

図1. 手術法

(関節唇)に非吸収糸を通す。最後に下方から骨折部の整復状態を確認しつつ縫合していく(図1d)。

なお，腱板疎部の縫縮などは併用していない。

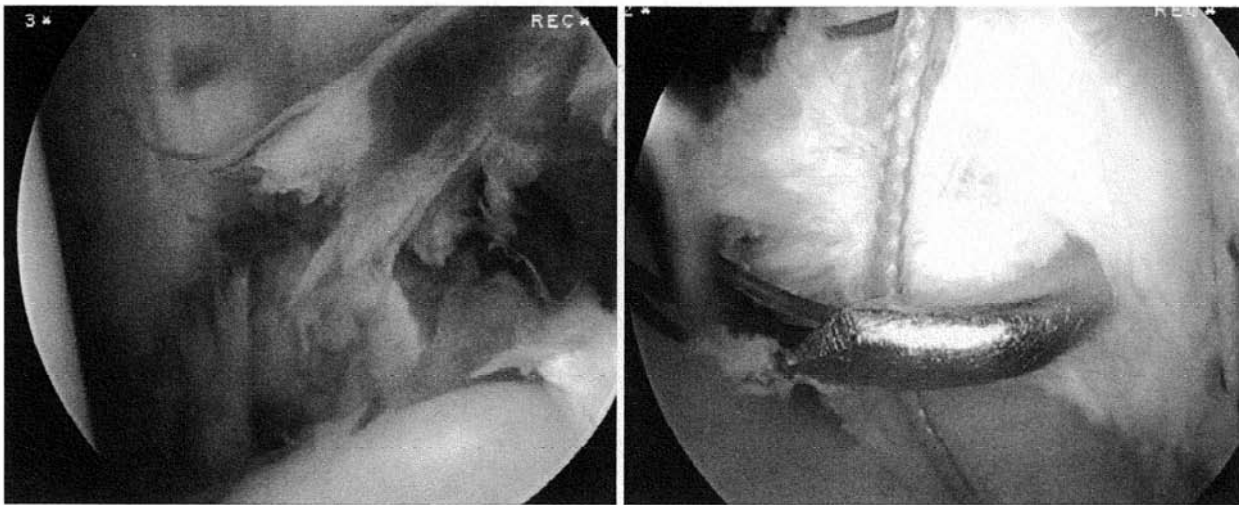
Ⅲ. 手技上の注意点

骨片は大きさ，形状がさまざまで，なかには小骨片に割れたものもあり，中央部分に糸をかけることが困難な症例もある。玉井らは，関節窩縁骨折では骨折部よりも広範囲に関節唇損傷が存在するが，その連続性は保たれていると報告しており¹⁰⁾，大多数の症例では骨片の上方と下方の関

節唇を縫合することで一定の安定度は得られる。しかし，まれに骨片と関節唇との連続性がない症例(図2a)や小骨片が一部遊離した症例があり，縫合の際の締結の具合で骨片が反転しやすいため，縫合糸をかける向きをかえたり，剝離を十分に行い中央部分に糸をかけるなどして対応する(図2b)。

Ⅳ. 後療法

後療法は術後3週間下垂位内外旋中間位で固定し，術後2週より振り子運動，3週より他動運動，4週より自動運動



a. 骨片と関節唇との連続性を認めない。

b. 骨片中央では骨片の形状により糸通しに工夫を要す。

図2. 手技上の工夫

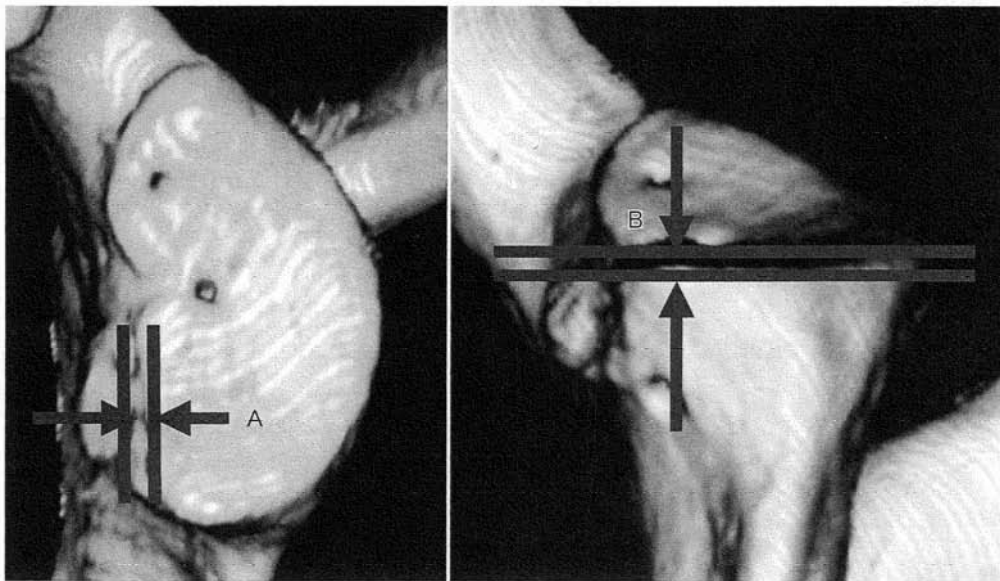


図3. 骨片臼蓋間 gap の計測. 骨片臼蓋間 gap : $(A^2+B^2)^{1/2}$

を開始した。軽作業は術後2ヵ月、スポーツの試合復帰は術後4ヵ月、コンタクトスポーツの試合復帰は術後6ヵ月で許可した。

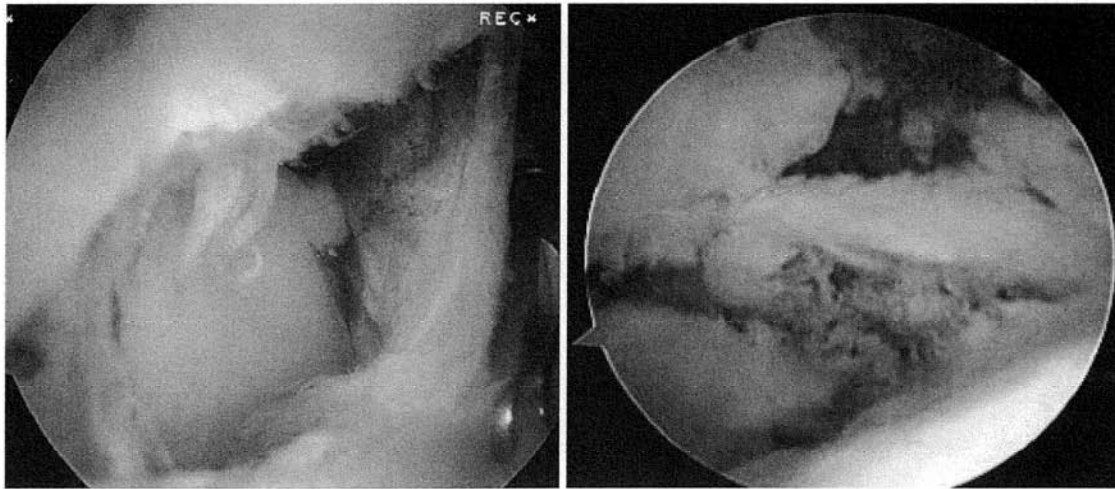
V. 治療成績

①対象および方法

本法を行った13例13肩(2005年10月~2008年3月)のうち術後1年以上経過した9例9肩を対象とした。男性5肩、女性4肩で、手術時年齢は24~76(平均43)歳

で、術後経過期間は12~30(平均18.8)ヵ月であった。

術後臨床成績を日整会肩関節疾患治療成績判定基準(JOAスコア)、日本肩関節学会肩関節不安定症評価法(Japanese Shoulder Society-Shoulder Instability Score: JSS-SIS)により評価し、術後脱臼、apprehension sign、術後外旋角度(健患差)、合併症についても検討した。また、術前後に全例CT、3-D CTを撮影し、画像処理ソフトZiosoft M900 Quadra(Toshiba社、東京)を用いて骨片の移動量、術後の骨片と肩甲関節窩とのgapを計測した(図3)。さらに以前に直視下法を行った4例4肩に上記の評価を行い



a. 上方関節唇損傷例 (SLAP 分類 typeIV)

b. 肩甲下筋断裂例

図 4. 随伴病変

表 1. 本法と直視下法の比較

	本法 (9 肩)	直視下法 (4 肩)
JOA スコア (点)	88±6.2	86±6.4
JSS-SIS (点)	91±5.8	89±5.2
術後脱臼 (肩)	なし	1
外旋角度 (平均健患差)		
下垂位	-8.4°	-13.5°
90° 外転位	-6.7°	-12.5°

鏡視下法と比較した。統計学的検討には Mann-Whitney *U* 検定を用い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

② 結 果

CT, 3-D CT では、9 肩全例で骨片の大きさは関節窩の横径 1/5 以上で、前下方に転位し、3 mm 以上の段差を認めた。術中の鏡視所見では、骨片と関節唇は 8 肩で連続していたが、1 肩は上方の連続性を認めなかった。合併損傷として上方関節唇損傷 [superior labrum anterior and posterior (SLAP) 分類 typeIV : 図 4a], 肩甲下筋断裂を合併した症例 (図 4b) が各 1 例認められた。

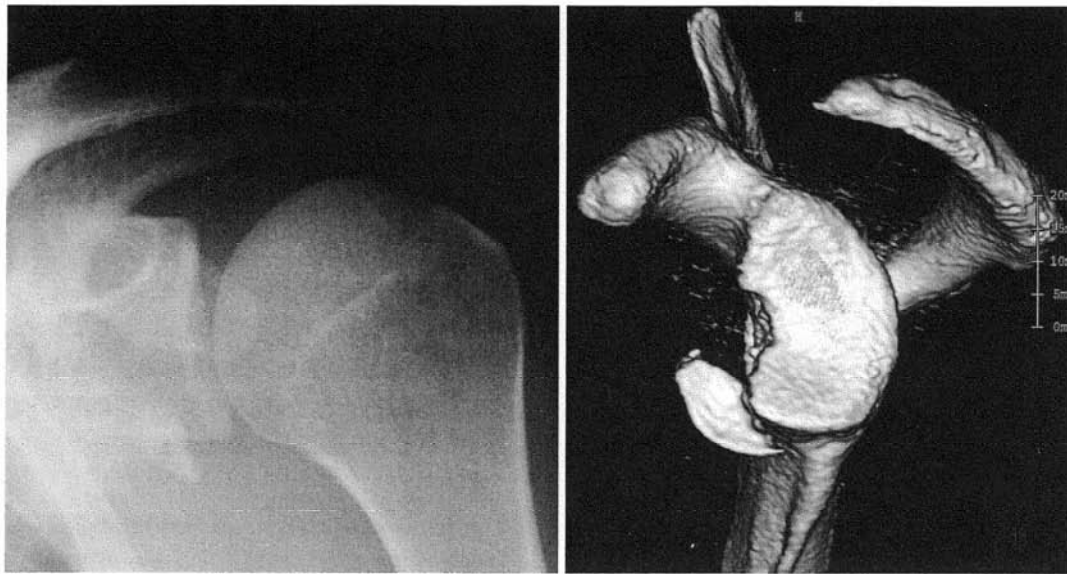
術後 JOA スコアは 76~100 (平均 88±6.2) 点, JSS-SIS は 82~100 (平均 91±5.8) 点であった。術後脱臼や apprehension (脱臼不安感) を呈した症例はなく、合併症も認めなかった。JOA スコア 80 点未満の症例は高齢者の 2 肩で、可動域 (ROM) に制限がみられた。術後外旋角度の健患差

は下垂位で平均 -8.4°, 90° 外転位で平均 -6.7° であった。骨片は手術により上方へ 6~16 (平均 9.4) mm, 前方に 2~6 (平均 3.6) mm 移動した。骨片と臼蓋面は 1~5 (平均 1.9) mm の gap が残存したが、9 肩全例で骨癒合が得られ、経過とともに modeling する傾向にあった。以前に直視下法を行った 4 肩の術後成績は、JOA スコア平均 86 点, JSS-SIS 平均 89 点で有意差はなかったが、術後外旋角度の健患差は直視下法では下垂位で平均 -13.5°, 90° 外転位で平均 -12.5° で本法が優れていた (表 1)。

VI. 症例提示

症例. 37 歳, 男。

高所より転落し受傷した。術前 X 線像, CT, 3-D CT で転位のある関節窩前縁の骨折を認めた (図 5a, b)。受傷後 2 週で本法を施行した。吸収性アンカーは 3 本使用した。



a. 術前 X 線像

b. 術前 3-D CT



c. 術後 X 線像

d. 術後 3-D CT

図 5. 症例. 37 歳, 男

術後 2 ヶ月 X 線像, CT では骨折部は転位なく骨癒合が得られ (図 5c, d), 術後 1 年時, 疼痛はなく, ROM は屈曲 180°, 外転 180°, 外旋 50° に改善し, apprehension もなく, JOA スコア 97 点, JSS-SIS 98 点であった。

Ⅶ. 考 察

肩甲骨関節窩前縁骨折のうち, 亜脱臼が持続する症例や整復されても容易に脱臼が生じる症例では手術的治療が行われてきた。従来は直視下手術が主であったが, Cameron

による 1 例報告⁴⁾や本邦での米田の報告⁵⁾以来, 鏡視下骨接合術が散見されるようになった。それらの治療成績は良好であるが, 手術適応, 固定材料などが異なっており, 従来の直視下法, 保存的治療の報告を含め肩甲骨関節窩前縁骨折に対する治療法は確立されていない。

手術適応は不安定性のあるものとする漠然とした定義が多く, 骨片の大きさや転位の程度による適応については意見が分かれる。De Palma³⁾や Goss¹⁾は骨片の転位 10 mm 以上あるいは骨片の大きさが関節窩全体の 25% 以上の場合を手術適応と報告した。また, Geel は骨片が大きく転位が

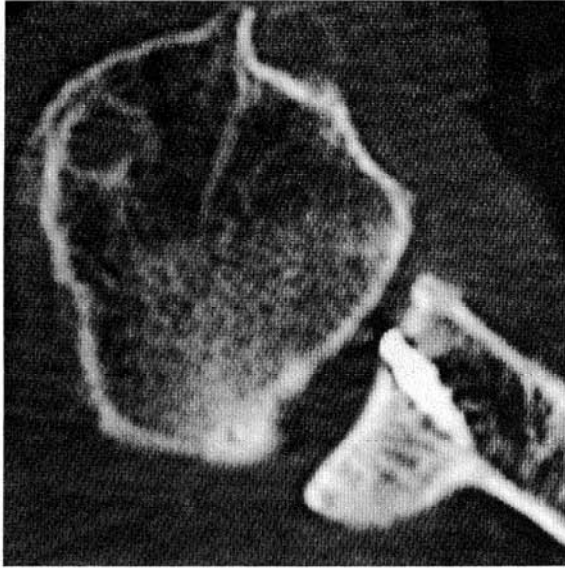


図6. 高齢者の反復性肩関節前方脱臼（陳旧例）。金属性アンカーを使用した経過中、骨頭軟骨の摩耗を生じた。

3 mm 以上の症例を手術適応であると述べている¹²⁾。一方で、Ideberg は骨片の大きさと不安定性は相関しないと述べ¹⁾、Maquieira らは骨片が大きく転位の大きい症例に保存的治療を行い、安定性が十分に得られたことから保存的治療をすすめている¹³⁾。臨床的現象にそくして手術適応を決めるべきで、骨片の大きさから手術適応を決めることは不要な手術を行うことになるという意見もあるが¹⁴⁾、受傷後早期の段階で将来的な不安定性の有無が判断しづらい場合も多い。反復性肩関節前方脱臼手術例における骨性 Bankart 病変の頻度について、Sugaya らは 50%¹⁵⁾、当科では 29%¹⁶⁾の結果を得ており、本症は予想以上に多く潜在的に広く存在するものと考えられる。反復性肩関節脱臼に移行した症例の骨片のほとんどは縮小・変形し、解剖学的な再建は新鮮例より困難なことから、若年者やスポーツ愛好家では転位や骨片の大きさから不安定性の残存が少しでも予想される場合は、積極的に手術を行ってもよいと考える。

本症に対する鏡視下骨接合術ではこれまで、ステーブル、スクリュー、スーチャーアンカー（非吸収系）などが骨片の固定材料として用いられてきた。スーチャーアンカーによる骨接合術は Porcellini が骨片の大きさが関節窩全体の 25%未満の症例に行い良好な治療成績を報告した⁷⁾。菅谷らは骨片の大きさが 25%以上の症例にも同法を行い、3-D CT による評価で良好な治療成績を報告している⁶⁾。当科でも関節窩長径の 30%以上を占める骨性 Bankart を伴った反復性肩関節脱臼例の鏡視下 Bankart 修復術

の治療成績が良好であったこと¹⁶⁾から、適応を限定せず同法を施行したが、その治療成績は直視下手術と同等以上の良好な成績であった。骨片の大きい症例に中空スクリューによる固定¹⁷⁾や、transglenoid 法¹⁸⁾も報告されているが、各々スクリューとのインピンジメント、肩甲上神経麻痺などが危惧される。本法においてはこれらの危険性はなく比較的安全に手術は行えるものと考ええる。

本法を含めた鏡視下骨接合術の利点は、低侵襲で手術創が小さいこと、術後疼痛の軽減が図れること、今回の結果に示した術後外旋角度の制限が直視下手術より少ないことなどがあげられるが、最大の利点は関節内外を観察でき、症例に応じた病態把握が可能、随伴病変の処置が可能なことである。

一方、問題点としては、症例の年齢層が幅広いため骨質が弱い症例における吸収性アンカーの固定力の問題がある。金属製アンカーを使用する方法も考えられるが、以前の高齢者の反復性肩関節前方脱臼の症例で、経過中、骨頭軟骨の摩耗を生じた 1 例を経験しており（図 6）、使用材料に検討が必要と考える。また、骨片が大きい症例の場合、中央部にかけた非吸収性の縫合糸が関節面に存在することとなり、変形性関節症を誘発する可能性もある。現在の短中期的な結果では臨床症状、画像所見とも問題ないが、長期的な経過観察が必要と考えている。

最後に、昨今の最小侵襲手術の隆盛により、今後関節窩前縁骨折に対する本法は広まることが予想される。本法は最小侵襲でかつ最大の効果が得られる優れた治療法であるが、鏡視技術や関節内病変を処置する技術が十分になれば、その利点をまったく発揮できない治療法になりうることを念頭におく必要がある。

ま と め

1) 肩甲骨関節窩前縁骨折（新鮮例）に対する縫合糸アンカーを用いた鏡視下骨接合術の適応、術式、治療成績について詳述した。

2) 術後 1 年以上経過した 9 肩全例で骨癒合が得られ、術後平均 JOA スコアは 88 点で、再脱臼や apprehension を呈した症例はなかった。

3) 本法の術後成績は直視下法（86 点）と有意差はなく、外旋角度は直視下法に勝っていた。

4) 新鮮肩甲骨関節窩骨折に対する鏡視下骨接合術は直視下法と同等以上の成績が得られる有用な手術法である。

文 献

- 1) Ideberg R: Fractures of the scapula involving the glenoid

- fossa. *Surgery of the Shoulder*, ed by Bateman JE, Welsh R, Decker, Philadelphia, p63-66, 1984
- 2) Scheibel M, Magosch P, Lichtenberg S : Open reconstruction of anterior glenoid rim fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **12** : 568-573, 2004
 - 3) De Palma AF : Fracture and fracture-dislocations of the shoulder gurdle. *Surgery of the Shoulder*, 3rd Ed, ed by Jacob RP, Lippincott, Philadelphia, p348-427, 1983
 - 4) Cameron SE : Arthroscopic reduction and internal fixation of an anterior glenoid fracture. *Arthroscopy* **14** : 743-746, 1998
 - 5) 米田 稔 : 肩のスポーツ障害と障害. *スポーツ整形外科 Update*, 守屋秀繁 (監), 診断と治療社, 東京, p21-51, 1994
 - 6) 菅谷啓之, 土屋明弘, 園田昌毅ほか : 新鮮関節窩脱臼骨折に対する鏡視下手術—スーチャーアンカーを用いた骨片修復術. *関節鏡* **26** : 67-72, 2001
 - 7) Porcellini G, Campi F, Paladini P : Arthroscopic approach to acute bony Bankart lesion. *Arthroscopy* **18** : 764-769, 2002
 - 8) Sugaya H, Kon Y, Tsuchiya A : Arthroscopic repair of glenoid fractures using suture anchors. *Arthroscopy* **21** : 635, 2005
 - 9) 菊川和彦, 奥平信義, 月坂和宏ほか : 肩甲骨関節窩骨折に対する鏡視下骨接合術の治療成績. *関節鏡* **33** : 135, 2008
 - 10) 玉井和哉, 増田彰男, 浜田純一郎ほか : 肩関節脱臼にともなう関節窩縁骨折の手術所見. *肩関節* **25** : 132, 2001
 - 11) Goss TP : Fractures of the glenoid cavity. *J Bone Joint Surg* **74-A** : 299-305, 1992
 - 12) Geel C : Scapula and clavicle. *AO Principles of Fracture Management*, ed by Ruedi T, Murphy W, Thieme, Stuttgart, p255-270, 2000
 - 13) Maquieira GJ, Espinosa N, Gerber C et al : Non-operative treatment of large anterior glenoid rim fractures after traumatic anterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg* **89-B** : 1347-1351, 2007
 - 14) 小川清久 : 肩関節疾患の手術療法—関節窩骨折. *OS NOW* **15** : 44-50, 1994
 - 15) Sugaya H, Moriishi J, Dohi M et al : Glenoid rim morphology in recurrent anterior glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg* **85-A** : 878-884, 2003
 - 16) 菊川和彦, 奥平信義, 山本 進ほか : 骨性バンカート病変を伴う反復性肩関節脱臼に対する鏡視下バンカート修復術の治療成績. *肩関節* **30** : 415-418, 2006
 - 17) Tauber M, Moursy M, Eppel M et al : Arthroscopic screw fixation of large anterior glenoid fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **16** : 326-332, 2008
 - 18) Bauer T, Abadie O, Hardy P : Arthroscopic treatment of glenoid fractures. *Arthroscopy* **22** : 569, 2006

* * *

<整形外科>

① 肩甲下筋断裂に対する鏡視下修復術の治療成績

② 菊川和彦

③ 奥平信義

④ 肩関節

⑤ 第 32 巻、第 2 号、P437-440、2008 年

肩甲下筋断裂に対する鏡視下修復術の治療成績

マツダ病院整形外科

菊川和彦・奥平信義

Clinical Outcome of Arthroscopic Repair for Subscapularis Tendon Tear

by

KIKUGAWA Kazuhiko, OKUHIRA Nobuyoshi

Department of Orthopaedic Surgery, Mazda Hospital

Few studies have been evaluated the arthroscopical repair for subscapularis tendon tear. The purpose of this study was to evaluate the clinical outcome of arthroscopic repair for subscapularis tendon tear. We treated 137 rotator cuff repair from 2003 to 2007. Among them, 15 shoulders with subscapularis tendon tear were treated by arthroscopic repair, 12 shoulders were assessed. The cases were 8 males and 4 females, with an averaged age of 62 years old. The mean follow-up period was 16 months. Three cases were subscapularis tendon tear only, 6 cases were concomitant supraspinatous tear, and 3 cases were concomitant supraspinatous and infraspinatous tears. 10 cases were repaired using suture anchors and 2 cases were repaired using side to side stitches. The clinical evaluation was performed using the JOA score, lift-off test and berry-press test. The range of motion and muscle strength were evaluated by Cybex. The average postoperative JOA score increased from 52 points to 91 points significantly. The clinical results were excellent in 6 cases, good in 3, fair in 2, poor in 1. Preoperatively, the lift-off test was positive in 8 shoulders and the berry-press test was positive in 11 shoulders. Postoperatively, the lift-off test was positive in 1 shoulder and the berry-press test was positive in 1 shoulder. The clinical outcome of arthroscopic repair for subscapularis tendon tear was satisfactory.

Key words : 肩甲下筋断裂 (subscapularis tear), 腱板断裂 (rotator cuff tear), 鏡視下手術 (arthroscopic surgery)

はじめに

近年、鏡視下腱板修復術の良好な治療成績が散見されるが、肩甲下筋断裂に対する鏡視下修復術の報告は少ない。今回、肩甲下筋断裂（単独例、広範囲断裂例を含めて）に対する鏡視下修復術の治療成績を検討した。

対象と方法

過去4年間に鏡視下修復術を行った腱板損傷132肩のうち肩甲下筋断裂の鏡視下修復を15肩（11%）に施行した。うち、術後1年以上経過した12例12肩を対象とした。男8肩、女4肩、手術時年齢は46歳～76歳（平均62歳）、8肩に外傷歴があった。罹病期間は1～20ヶ月（平均8ヶ月）、経過観察期間は12～27ヶ月（平均16ヶ月）であった。

断裂の形態は単独断裂3肩、棘上筋断裂の合併6肩、棘上筋+棘下筋断裂の合併3肩で、断裂部位は上方1/2の断裂が8肩、全長にわたる断裂が4肩であった。

手術は全例同一術者が同様の手術手技で行った。まず関節内鏡視で可及的に滑膜切除を行った後、断裂部を評価した（図1-a）。断端のモビライゼーションを滑液包側、関節包側より十分行った後、肩峰下滑液包鏡視でスーチャーアンカー法にて腱板断端を小結節へ縫着した（図1-b）。肩甲下筋の固定法はDouble row法3

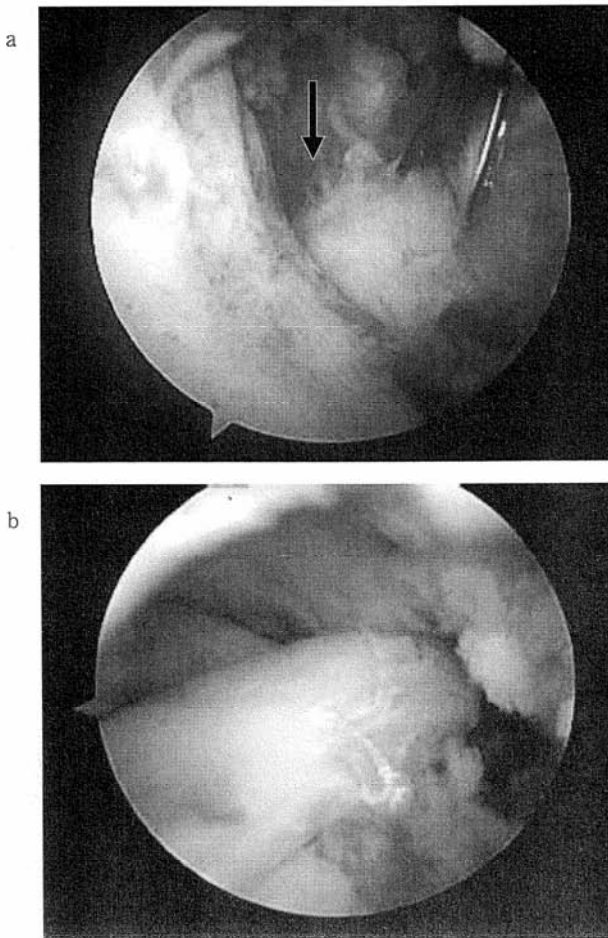


図1 手術手技
a: 関節内鏡視による評価（↓: 肩甲下筋の断端）
b: 修復後の肩甲下筋（肩峰下滑液包鏡視）

肩、Single row法7肩、側々縫合2肩で、上腕二頭筋長頭腱の実質部が部分断裂し脆弱であった1肩では固定術を併用した。

後療法は術後4週間肩外転装具を装着し、2週より他動可動域訓練、4週より外旋許可、6週より自動運動を許可、重労働は4ヶ月で復帰とした。

術前後の臨床成績を日整会肩疾患治療成績判定基準（JOAスコア）、Lift-off test、Belly-press test、MRIによる再断裂、合併症の有無で評価し、Cybexによる筋力評価も行った。統計学的検討にはt検定、Mann-Whitney U検定を用い、危険率5%未満を有意差ありとした。

結 果

JOAスコアは術前平均52点が術後平均91点に改善した（ $P < 0.01$ ）。100～90点が6肩、90～80点が3肩、80～70点が3肩、70点以下は1肩であった。項目別には疼痛11.1点が26.5点に改善し、可動域は屈曲が $136 \pm 11^\circ$ が $168 \pm 11^\circ$ に改善したが、外旋は $52 \pm 10^\circ$ から $52 \pm 9^\circ$ と変化はなかった。MRIによる再断裂、合併症は認めなかった。Lift-off test陽性例は術前8肩から術後1肩に、Belly-press test陽性例は術前11肩から1肩に改善した。術後1年の筋力の患健側比は屈曲が122%、外旋が92%、内旋が85%で術前より有意に改善した（図2）。

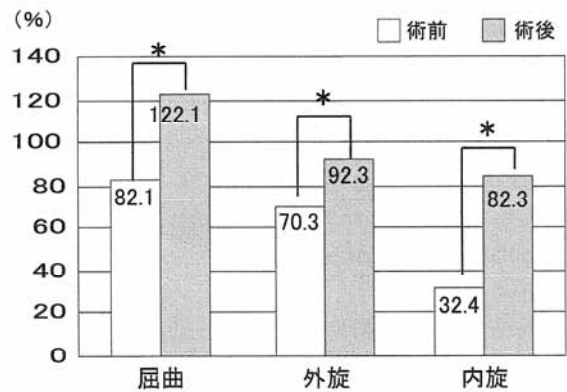


図2 術後1年時の筋力

患健側比は屈曲が122%、外旋が92%、内旋が85%で術前より有意に改善した

考 察

肩甲下筋断裂はまとまった報告が少なく、分類も単独断裂、前上方部断裂といった断裂部位による分類や脱臼歴の有無による分類、変性断裂、外傷による分類など確定したものがない。Walchは肩甲下筋断裂を変性断裂のうちのanterior-superior typeとしてとらえ、断裂は棘上筋前縁から結節間溝を超え肩甲下筋腱に広がり、その発生頻度は従来よりも高くHidden lesionと名付けた⁷⁾。最近の信原の報告では1048肩中62肩（6%）に前上方部の断裂があったと報告しており⁸⁾、当科でも132肩中16肩（11%）と従来よりその発生頻度は高いことが予想される。

治療はこれまで直視下修復術の報告が多く、GerberはDeltpectral approachで修復し16例中14例が成績良好であったと報告し³⁾、Warnerは前方、上方の2つのapproachが必要でmini-open法では肩甲下筋の修復は不可能と述べている⁹⁾。当科でも

2004年以前に行った Delto-pectral approach で修復した4肩は3肩で成績良好であったが、侵襲が大きいと考へ、鏡視下修復術へと術式を移行した。肩甲下筋の鏡視下修復術は技術的に難しいとされ、近年になって報告が始まり Burkhardt²⁾, Bennet¹⁾, Ide³⁾ が良好な成績を報告している。当科でも術後 JOA score 91点、再断裂なしと良好な成績が得られた。

低侵襲であることから肩甲下筋修復術後の筋力の回復については期待できると思われるが、詳細に検討した報告はほとんどない。今回の検討では術後1年の筋力の患健側比は屈曲が122%、外旋が92%、内旋が85%で術前より有意に改善した。この値は以前に我々が報告した鏡視下腱板修復術の結果と類似しており⁴⁾、リハビリテーションプログラムを考えるうえで参考になる結果と思われた。

最近、肩甲下筋以外の鏡視下腱板修復術においては術後再断裂への回避法として Delamination (腱内剥離)への対処、Double-row, Double-layer fixation, suture-bridge 法などの固定法や脂肪変性が強い例では大腿筋膜移植やテフロン使用により過緊張にならない状態での修復を行うなど多くの工夫が加えられている。我々も最近、術後3ヵ月で再断裂、前方亜脱臼を経験した肩甲下筋単独断裂の1例を経験した。術前 MRI で脂肪変性が強く、受傷後1年2ヵ月経過後手術を施行した症例であった(図3)。肩甲

下筋断裂においても術前の脂肪変性の強い症例では再断裂の頻度が高く、罹病期間の長い症例、術前の脂肪変性が強い症例では再断裂に注意が必要で、さらなる解剖学的な修復、強い強度を得るための固定法などの工夫が必要と考えられた。

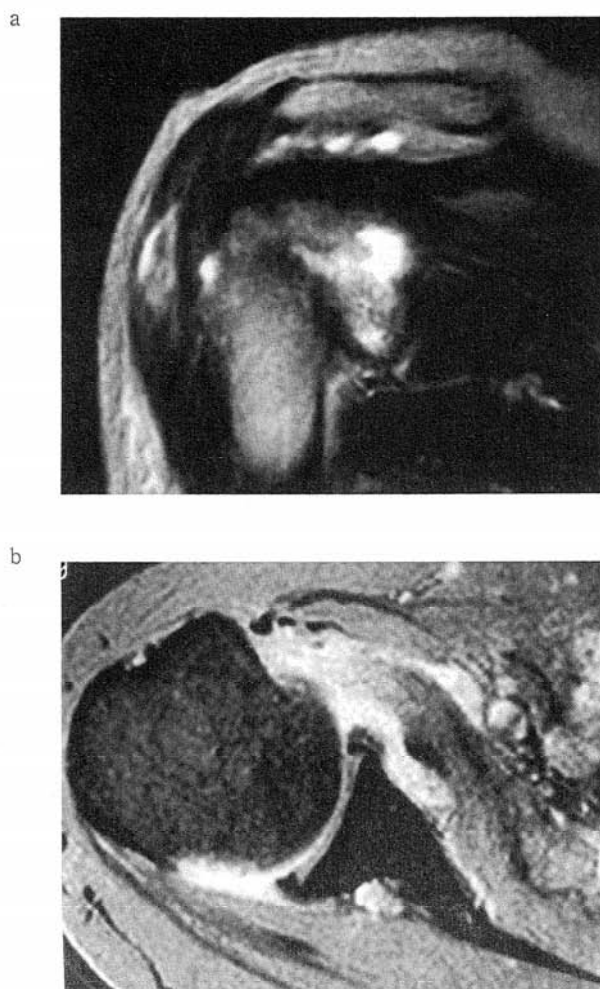


図3 重層固定法施行後の再断裂例

- a,b: 術前 MRI (T2 強調画像)
肩甲下筋の単独断裂と断端から中枢まで強い脂肪変性が認められる
- c: 術後3ヵ月単純 X 線正面像
- d: 術後3ヵ月 MRI 像 (T2 強調画像)
再断裂, 前方亜脱臼を生じた

ま と め

1. 腱板損傷手術例 132 肩のうち肩甲下筋断裂は 15 肩, 11%であった
2. 肩甲下筋断裂に対する鏡視下修復術は単独例, 広範囲断裂例とも良好な成績が得られる有用な手術法である.

文 献

- 1) Bennett WF: Arthroscopic repair of isolated subscapularis tears: A prospective cohort with 2- to 4-year follow-up. *Arthroscopy*. 2003; 19: 131-143.
- 2) Burkhart SS: Arthroscopic subscapularis tendon repair: Technique and preliminary results. *Arthroscopy*. 2002; 18: 454-463.
- 3) Gerber C et al.: Isolated rupture of the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am*. 1996; 78: 1015-1023.
- 4) Ide J et al.: Arthroscopic repair of traumatic combined rotator cuff tears involving the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89: 237-2388.
- 5) 菊川和彦ほか: 鏡視下腱板修復術の治療成績—術式間 (単層固定法と重層固定法) の比較—, 中部整災誌, 2007; in press.
- 6) 信原克哉: 肩その機能と臨床. 第3版, 医学書院, 東京, 2001.
- 7) Walch G et al.: Tears of the supraspinatus tendon associated with "hidden" lesions of the rotator interval. *J Shoulder Elbow Surg*, 1994; 3: 353-360.
- 8) Warner JP et al.: Diagnosis and treatment of anterosuperior rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg*, 2001; 10: 37-46.

<整形外科>

- ① 上腕骨大結節骨折後のインピンジメント症候群に対する鏡視下手術
- ② 菊川和彦
- ③ 奥平信義
- ④ 肩関節
- ⑤ 第 32 巻、第 3 号、P577-580、2008 年

上腕骨大結節骨折後のインピンジメント症候群に対する鏡視下手術

マツダ病院整形外科

菊川和彦・奥平信義

Clinical Outcome of Arthroscopic Decompression and G-T Plasty for Impingement Syndrome after Fracture of the Humeral Greater Tuberosity

by

KIKUGAWA Kazuhiko, OKUHIRA Nobuyoshi

Department of Orthopaedic Surgery, Mazda Hospital

We assessed the clinical outcome of arthroscopic decompression and G-T plasty for impingement syndrome after fracture of the humeral greater tuberosity. 5 cases of impingement syndrome after fracture of the humeral greater tuberosity were treated since 2003. The cases were 3 male and 2 female, with an averaged age of 47 years old. The mean follow up period was 14 months. The duration from trauma to surgery ranged from 8 to 25 months. 3 shoulders were fracture of the humeral greater tuberosity alone and two shoulders were 3 part fractures. Preoperatively, impingement tests (Neer,Hawkins,Ellman) were positive in all cases. All cases were treated by arthroscopic subacromial decompression and 2 shoulders were associated with removal of exostosis of the great tuberosity. The clinical evaluation was performed using the JOA score, impingement sign and range of motion. The average postoperative JOA score increased from 62 points to 87 points significantly. The clinical results were excellent in 2 cases, good in 2, fair in 1. The average score of pain improved from 15.1 points to 26.8 points. Postoperatively, impingement tests (Neer,Hawkins, Ellman) were negative in all cases. Arthroscopic decompression and G-T plasty for impingement syndrome after fracture of the humeral greater tuberosity can provide good pain relief and improve the functional results.

Key words : 大結節骨折 (great tuberosity fracture), インピンジメント症候群 (impingement syndrome)
鏡視下手術 (arthroscopic surgery)

はじめに

上腕骨大結節骨折は転位の程度や骨片の大きさにより治療法が選択されるが、骨癒合が得られても変形治癒や大結節高位による肩峰下インピンジが生じ、疼痛や可動域制限が残存する症例が存在する。当科では症状が残存した本症に対し、鏡視下に肩峰下除圧術および大結節形成術を施行してきた。今回、その治療成績と有用性について検討したので報告する。

対象と方法

2003年4月から2006年3月の3年間に本法を施行した5例5肩を対象とした(表1)。男3肩、女2肩、年齢は35～54歳(平均46歳)、術後経過観察期間は9～28ヵ月(平均14.2ヵ月)であった。全例、他院での保存療法施行例で、受傷時の骨折型はNeer分類で2パート骨折(大結節単独骨折)が3肩、3パート骨折1肩、不明1肩であった。大結節単独骨折1肩、3パート骨折1肩は受傷時脱臼を伴っていた。初診時、全例で単純X線像の骨癒合は得られていたが、変形治癒や大結節高位が残存していた。MRIでは全例で腱板に損傷はなく、パンカート病変など関節内の異常は脱臼例においても認めなかった。受傷より手術までの期間は8～25ヵ月(平均14ヵ月)で、全例でリハビリテーションが施行されていた。

主訴は挙上時痛が5肩、安静時痛が1肩で、疼痛による可動域制限を3肩、屈曲、外旋筋力の低下を1肩に認めた。インピンジメントサインはNeer, Ellman, Hawkinsとも全例で陽性であった。関節不安定性は受傷時脱臼を伴った2肩も含め全例で認めなかった。

手術はまず、関節内鏡視、滑液包内鏡視にて腱板、関節唇などの損傷や滑膜の炎症の有無を確認した後、全例で鏡視下に肩峰下除圧を行った。鳥口肩峰靭帯は全例で切離した。大結節の変形が高度な2肩では腱板付着部より外側の骨性隆起部を切除、形成した。切除に際してはabraderやshaverで腱板付着部を損傷しないよう十分に留意し、切除量は術前インピンジを認めた肢位を再現し、肩峰と大結節の間が衝突なく滑らかに動くまでとした。また、麻酔下で可動域制限があった1肩では関節包の部分切離術を追加した。

後療法は術後外固定を行わず、術翌日より可動域訓練を開始した。

術前後の臨床成績を日整会肩関節疾患治療成績判定基準(JOAスコア)で評価し、可動域、インピンジメントサインの評価を行った。

結果

鏡視所見

関節鏡視では腱板の関節面の不全断裂を1肩に認めたが、完全断裂は認めなかった。パンカート病変は脱臼例においても認めなかった。麻酔下に可動域制限のあった1肩で関節内の滑膜組織の発赤、充血が認められた。

臨床成績

JOAスコアは術前平均63点が術後平均87点に有意に改善した。内訳は90点以上が2肩、80～90点2肩、70～80点1肩で70点以下の症例はなかった。項目別には、疼痛は15.1点が26.8点に改善し、自動可動域は屈曲138°が168°に、外転は125°が162°に、外旋は18°から32°に改善した(図1)。また、インピンジメントサインはNeer, Hawkins, Ellmanとも全例で消失した。

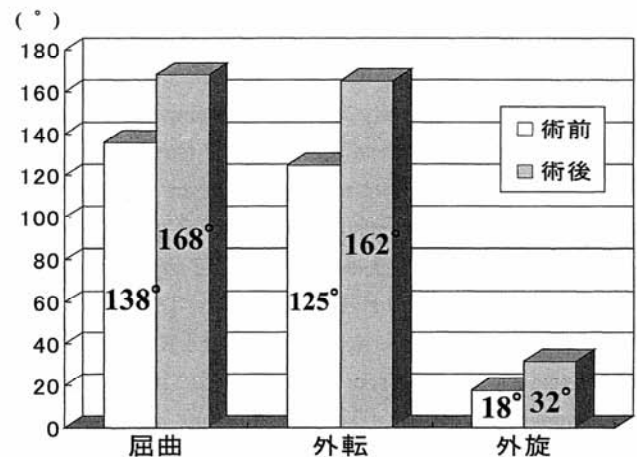


図1 可動域

代表症例

43歳、女性。自転車転倒し受傷した。近医で大結節単独骨折と診断し、保存療法を施行。骨癒合得られるも痛みと可動域制限が持続し、受傷後6ヵ月で当科を紹介初診した。自動可動域は屈曲160°、外転110°、外旋30°、インピンジメントサインはNeer, Hawkins, Ellmanとも陽性であった。JOAスコア69点で術前XP, CT, 3DCTで大結節の変形治癒を認めた(図2-a,b,c,d)。鏡視下に肩峰下除圧と大結節形成術を行った(図3-a,b)。術後XP, MRIにて大結節の変形部分は形成され(図4)、術後1年時、疼痛はなく、可動域は屈曲170°、外転170°、外旋30°に改善、インピンジメントサインは3種とも陰性になり、JOAスコア92点である。

表1 症例データ

症例	年齢	性	骨折型	脱臼	リハビリ期間	術前 impingement sign			手術法			術前 impingement sign				
						術前JOA	Neer	Ellman	Hawkins	肩峰下除圧	大結節形成	関節包切離	術前JOA	Neer	Ellman	Hawkins
1	54	M	3part	(+)	25	54	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	84	(-)	(-)	(-)
2	35	M	2part	(+)	9	70	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	94	(-)	(-)	(-)
3	43	F	2part	(-)	15	69	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	92	(-)	(-)	(-)
4	53	F	不明	(-)	12	58	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	78	(-)	(-)	(-)
5	44	M	2part	(-)	8	62	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	88	(-)	(-)	(-)

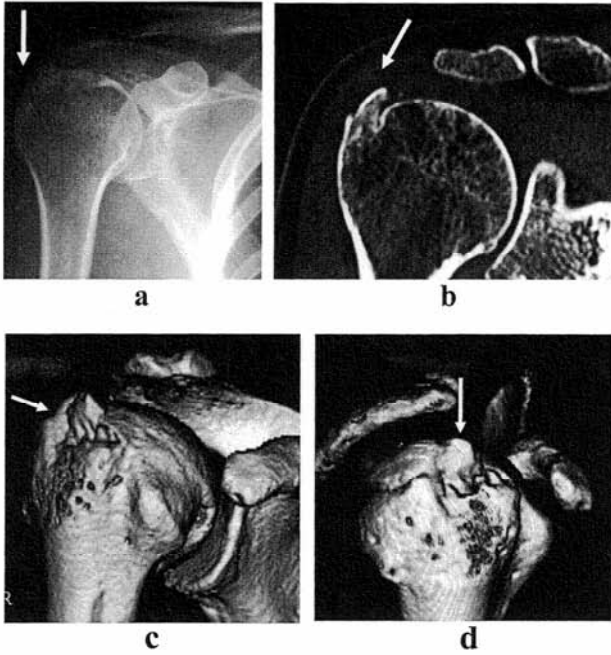


図2 代表症例
a: 術前 XP b: 術前 CT c, d: 術前 3DCT
大結節の変形治癒と大結節高位を認める

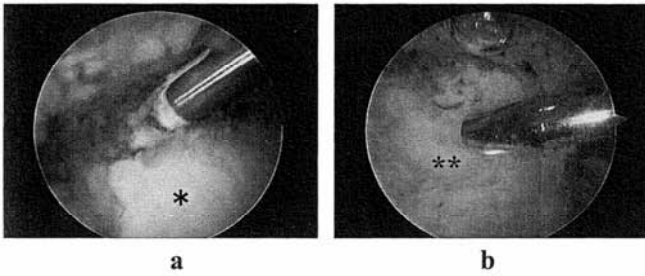


図3 大結節形成術
a: *大結節の変形治癒部
b: **変形治癒部をアブレーダーで切除

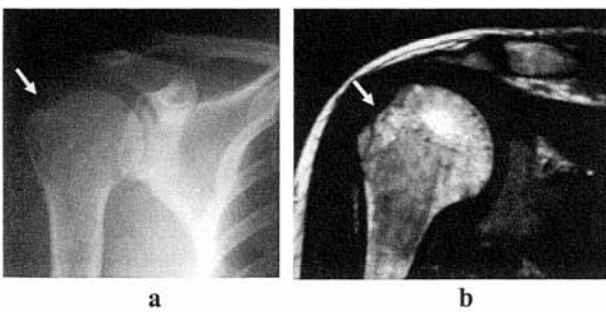


図4 a: 術前 XP b: 術前 MRI(T1 強調画像)
大結節の変形治癒部分は形成されている

考 察

上腕骨大結節骨折後のインピンジメント症候群に対する手術は従来、矯正骨切り術や観血的肩峰下形成術などが行われてきた⁹⁾。近年、鏡視下手術の進歩により鏡視下肩峰下除圧術などが行われるようになったが、大部分がインピンジメント症候群の一部として報告されており、大結節骨折後の症例に限定し調査したものは海外も含めほとんどない。橋口らは大結節骨折後のインピンジメント症候群3肩に鏡視下肩峰下除圧を行い、術後JOAスコア92.7点と良好な成績を報告した⁸⁾。鏡視下肩峰下除圧術は鏡視下腱板修復術を含め一般的に行われる安定した手術手技であり、当科でも全例に鏡視下肩峰下除圧術を施行し、術後JOAスコア87点と良好な治療成績が得られた。

一方、鏡視下大結節形成術は変形性肩関節症や修復不能な腱板広範囲断裂後に施行した報告は認めるものの⁹⁾、大結節骨折後に施行した報告はない。今回、大結節の変形が高度で肩峰下除圧術のみではインピンジメントが消失せず、肩峰の厚みのない女性の2肩に大結節形成術を追加、施行し、術後JOAスコア88点と良好な結果を得た。鏡視下大結節形成術は腱板が損傷しない範囲で操作する必要があるが、適応を選べば、積極的に追加してよい術式と考える。

さて、上腕骨大結節骨折のうちどのような症例がインピンジメントによる症状を有した陈旧例になるのであろうか。Neerは単純X線正面像で転位が1cm以内の大結節骨折を⁷⁾、Biglianiは転位が5mm以内の症例と骨片が大きく棘下筋、小円筋付着部を含む症例を保存療法の適応と報告した¹⁾。近年、神田らは保存療法を行った22例のインピンジメントサインとX線学的評価を比較し、転位が5mm以内でもインピンジメントをきたす症例が存在すると報告した³⁾。また、Parkらは活動性の高い若年者やスポーツ選手では転位が小さくても手術適応になりうると報告している⁸⁾。今回の自験例5肩を単純X線前後像(外旋位)で健側と比較し転位を測定すると4~12mm、平均6.6mmであった(表2)。頻度は少ないが、転位が少ない症例でも肩峰の形状などによりインピンジメントを生じ、症状が遺残する例があることを考慮する必要があると考える。

一方、症状が残存する大結節骨折では骨性要素以外に軟部組織の損傷が関与している可能性も示唆されている。Kimらは転位が小さい大結節骨折で慢性の関節痛が残存した22肩に鏡視下手術を行い、全例で腱板の関節面不全断裂があったこと、治療には鏡視下のdebridementや腱板修復が有用であったことを報告し

表2 上腕骨大結節骨折の転位(mm)

単純X線前後像(外旋位)で健側と比較、転位は4~12mm、平均6.6mmであった

症例	転位 (mm)
1	6
2	4
3	12
4	4
5	7
-----	-----
平均	6.6

た⁹⁾。今回の自験例5肩の鏡視所見では、1肩に腱板関節面側の不全断裂を認め debridement を、可動域の制限があった1肩では関節包の切離術を追加した。上腕骨大結節骨折後のインピンジメント症候群に対する鏡視下手術は腱板など関節内病変の処置、関節拘縮に対する処置も可能で有用な術式と考える。

ま と め

1. 上腕骨大結節骨折後のインピンジメント症候群5肩に対し鏡視下肩峰下除圧、大結節形成術を行い良好な治療成績を得た
2. 本法は低侵襲でインピンジメントによる疼痛や可動域の改善が得られる有用な治療法である

文 献

- 1) Bigliani LU, et al.: Fractures of the proximal humerus. In: Rockwoods CA Jr, Masten FA III eds, The Shoulder. WB Saunders, Philadelphia, 1998, 337-389.
- 2) Kim SH, et al.; Arthroscopic treatment of symptomatic shoulders with minimally displaced greater tuberosity fracture. Arthroscopy, 2000; 16: 695-700.
- 3) 神田秀之ほか：大結節骨折に対する保存療法とその選択基準。肩関節, 2006; 30: 167.
- 4) 橋口宏ほか：上腕骨大結節骨折変形治癒によるインピンジメント症候群に対する鏡視下除圧術の治療成績。関節鏡, 2007; 32: 23-27.
- 5) 保坂正人ほか：上腕骨近位端骨折変形治癒後の impingement syndrome に対する大結節矯正骨切り術の経験。中部整災誌, 1987; 30: 1636-1641.
- 6) 水野直子ほか：修復不能な腱板広範囲断裂に対する関節鏡視下大結節形成術の効果。肩関節, 2005; 29: 359-363.
- 7) Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. Part I. Classification and evaluation. J Bone Joint Surg Am, 1970; 52: 1077-1089.
- 8) Park TS, et al.; A new suggestion for the treatment of minimally displaced fracture of the great tuberosity of the proximal humerus. Bull Hosp Joint Dis, 1997; 56: 171-176.
- 9) 佐藤毅ほか：観血的治療を要した上腕骨大結節変形治癒の2例。骨折, 2002; 24: 504-507.

<整形外科>

① 陳旧性肩鎖関節脱臼に対する Cadenat 変法の治療成績

② 菊川和彦

③ 奥平信義、高沢皓文*、山本 進*

④ 整形外科

⑤ 投稿中

<整形外科>

- ① Intraoperative evaluation of anteroposterior and rotational stabilities in anterior cruciate ligament reconstruction: lower femoral tunnel placed single-bundle versus double-bundle reconstruction.
- ② 金谷 篤
- ③ 越智光夫*、出家正隆*、安達伸生*、西森 誠*、中前敦雄*
- ④ Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.
- ⑤ in press

<整形外科>

① Potential Risks of Femoral Tunnel Drilling Through the Far Anteromedial Portal:Cadaveric Study

② 中村光宏

③ 出家正隆*、渋谷早俊*、中前敦雄*、安達伸生*、越智光夫*、青山裕彦*

④ Arthroscopy

⑤ in press

Potential risks of femoral tunnel drilling via the far anteromedial portal — A cadaveric study —

Mitsuhiro Nakamura, M.D.*, Masataka Deie, M.D.*, Hayatoshi Shibuya, M.D.*,
Atsuo Nakamae, M.D.*, Nobuo Adachi, M.D.*, Hirohiko Aoyama, Ph.D.**, and Mitsuo Ochi, M.D.*

*Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Biomedical Sciences, Hiroshima University,
Hiroshima, Japan

**Department of Anatomy and Developmental Biology, Graduate School of Biomedical Sciences,
Hiroshima University, Hiroshima, Japan

Purpose: The purpose of this study was to estimate the potential risks of damage to the common peroneal nerve and the articular cartilage of the lateral femoral condyle when drilling femoral tunnels via the far anteromedial portal in double bundle anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using cadaveric knees. **Methods:** 10 cadaveric knees were used. We drilled the anteromedial bundle (AMB) and posterolateral bundle (PLB) via the far anteromedial portal at three different knee flexion angles: 70°, 90°, and 110°. We measured the shortest distance to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage of the lateral femoral condyle and the length of the femoral tunnel. **Results:** At 70°, the distance to the nerve was less than 10mm in seven AMB cases and in nine PLB cases, and the distance to the cartilage was less than 10 mm in all the AMB and PLB cases. At 90°, the distance to the nerve was less than 10mm in one AMB and five PLBs, and the distance to the cartilage was less than 10 mm in two AMBs and all the PLBs. On the other hand, at 110°, the distance to the nerve was greater than 10mm in all the AMBs and PLBs, and the distance to the cartilage did not exceed 10 mm in just two of the PLBs. **Conclusions:** In our cadaveric study, we found that the low knee flexion angles when drilling femoral tunnels via the far anteromedial portal might have the potential risks of damage to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage, and the risks of damage to the nerve and the cartilage would be decreased at higher degrees of knee flexion. However, we found there was 20 % risk of damage to the cartilage while drilling the PLB at 110°. **Clinical Relevance:** High knee flexion angles are recommended to avoid damage to the nerve and the cartilage when drilling femoral tunnels via the far anteromedial portal in double-bundle ACL reconstruction. **Level of evidence:** III **Key Words:** Far anteromedial portal—Femoral tunnel—Double-bundle ACL reconstruction—Nerve damage—Cartilage damage—Cadaveric knee

From the Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Biomedical Sciences, Hiroshima University, Hiroshima. Address correspondence and reprints requests to Mitsuhiro Nakamura, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Biomedical Sciences, Hiroshima University, 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima, 734-8551, Japan. E-mail : mitsuhiro@m3.dion.ne.jp

INTRODUCTION

The anterior cruciate ligament (ACL) consists of two major bundles having different functions: the anteromedial bundle (AMB) and posterolateral bundle (PLB), so named for both tibial and femoral positions.¹⁻³ When the knee is extended, the PLB is tight and the AMB is moderately loose. As the knee is flexed, the AMB tightens and the PLB loosens. In ACL reconstruction, single-bundle procedures have been commonly performed to eliminate instability and restore function, and good to excellent clinical results have been reported.^{4,5} Cadaveric studies have shown that single-bundle ACL reconstruction is mostly successful in restoring anteroposterior knee stability, but it is insufficient in controlling combined rotator loads of internal tibial torque and valgus torque.⁶ Yagi et al.

reported that anatomic double-bundle ACL reconstruction restores knee kinematics more closely to normal than does single-bundle ACL reconstruction.⁷ These biomechanical studies have shown that double-bundle ACL reconstruction has potential advantages in restoring normal ACL function. Therefore anatomic ACL reconstruction has attracted attention, and the double-bundle ACL reconstruction procedures have been developed to improve the previously described weak points of the single-bundle procedures.⁸⁻¹⁴

In double-bundle ACL reconstruction, it is very important to place the tunnels exactly within the femoral and tibial attachments of the AMB and PLB, to reproduce the anatomical ACL. In order to achieve proper tunnel position, various methods of tunnel drilling have been suggested including transtibial, via the standard and accessory anteromedial portals.^{15,16} Recently, Shino et al. demonstrated that the far anteromedial portal makes it possible to gain access to the original femoral ACL footprint located at posterior margin of the lateral wall of the notch when drilling a femoral tunnel in ACL reconstruction.¹⁷

These days, some studies have estimated the risks of damage to the lateral femoral condyle or the surrounding structures when drilling femoral

tunnels via the medial portals in double-bundle ACL reconstruction.¹⁸⁻²⁰ However, no reports have demonstrated any nerve or cartilage damage, and we have focused on the potential risks of damage to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage of the lateral femoral condyle.

The purpose of this study was to estimate the potential risks of damage to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage of the lateral femoral condyle when drilling femoral tunnels via the far anteromedial portal in double-bundle ACL reconstruction using cadaveric knees. Our hypothesis was that the risk of injury to the common peroneal nerve and posterior articular cartilage would be decreased at higher degrees of knee flexion.

METHODS

Ten cadaveric knees were used, consisting of 5 cadavers (2 males and 3 females) embalmed and fixed with formalin, ethanol, isopropanol, phenol, and glycerin, excluding malalignment of legs with the varus deformity or flexion contracture of the knee. The average age of the subjects at the time of death, was 72.6 years (range: 66 to 80 years). The subjects' mean height was 161.6 cm. We performed the arthrotomy of the knee joint by cutting the quadriceps tendon and turning around the patella. We exposed the AMB and PLB of the ACL and identified the anatomical femoral attachments of the AMB and PLB after removing the ACL. We removed the vastus lateralis and the iliotibial band and exposed the biceps femoris attached to the fibula head on the lateral side of the knee. The common peroneal nerve located deep in the biceps femoris and the posterior articular cartilage of the lateral femoral condyle were exposed.

Next, we replaced the exfoliated subcutaneous tissue, the quadriceps tendon, and the patella in the anatomical position, and the far anteromedial portal was established 2cm medial to the standard anteromedial portal and just above the medial meniscus at a knee flexion angle of 90° (Fig. 1).¹⁷

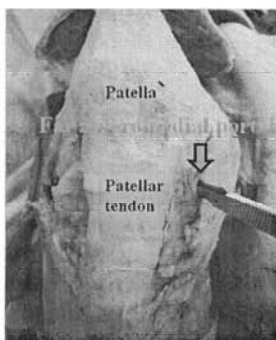


Figure 1.

The far anteromedial portal was established 2cm medial to the standard anteromedial portal and just above the medial meniscus at a knee flexion angle of 90°.

We took care to maintain the anatomical position as much as possible by clamping the replaced

quadriceps tendon to the proximal muscle and suturing the subcutaneous tissue to the medial edges of the patella and the patella tendon when the portal was placed. We then set the passing pin in the center of the anatomical femoral attachments of the AMB and PLB of the ACL via the far anteromedial portal while visualizing it through open arthrotomy (Fig 2A, B), replaced the quadriceps tendon and the patella, and drilled the pin at three different knee flexion angles: 70°, 90°, and 110° whilst keeping the anatomical position of the extensor structures.

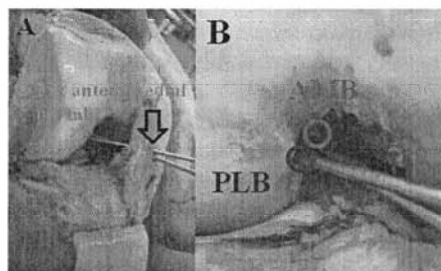


Figure 2.

(A, B) The passing pin was drilled to the center of the anatomical femoral attachments of AMB and PLB of the ACL via the far anteromedial portal. The pin was drilled at three different knee flexion angles: 70°, 90°, and 110°.

We identified the point where the pin passed through the lateral cortex of the lateral femoral condyle as the femoral tunnel exit point. The shortest distance from the femoral tunnel exit point to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage was measured by using a rule to evaluate the potential risks of damage to the nerve and the cartilage (Fig 3). Next, we pulled back and placed the tip of the pin exactly at the femoral tunnel exit point of the lateral femoral condyle, having marked the entry point on the pin. The distance from the tip to the marked point was measured by using a rule to give us the length of the femoral tunnel.

Statistical analysis was performed using the Mann-Whitney U test to evaluate these measurements at three different knee flexion angles. A P value of less than 0.05 was considered to be statistically significant.

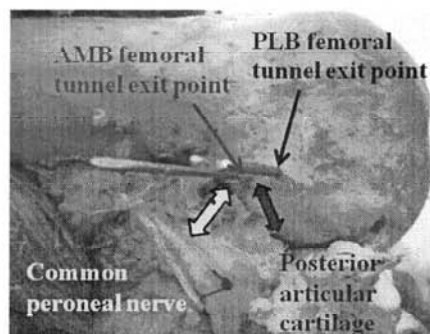


Figure 3.

We identified the point where the pin passed through the lateral cortex of the lateral femoral condyle as the femoral tunnel exit point. The shortest distance from the femoral tunnel exit point to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage was measured.

RESULTS

Results from the measurements of 10 cadaveric knees (5 cadavers) when drilling the AMB and PLB at three different knee flexion angles are shown (Table 1).

Table 1. Measurements when drilling AMB and PLB

AMB measurements		SDPCN (mm)			SDPAC (mm)			LFT (mm)				
Subjects	Age	Sex	Side	Knee flexion angle			Knee flexion angle			Knee flexion angle		
				70°	90°	110°	70°	90°	110°	70°	90°	110°
1	72	M	R	8	13	22	10	14	20	35	40	45
			L	10	18	28	5	15	25	28	35	43
2	66	M	R	10	16	20	6	12	20	28	35	41
			L	10	14	18	6	10	20	28	31	40
3	80	F	R	7	10	18	6	14	25	22	26	35
			L	12	18	25	7	15	27	26	35	47
4	79	F	R	13	20	25	1	12	20	29	32	40
			L	15	18	25	0	10	18	29	30	38
5	66	F	R	10	18	30	5	14	20	28	33	40
			L	10	15	25	5	14	25	30	35	35

PLB measurements		SDPCN (mm)			SDPAC (mm)			LFT (mm)				
Subjects	Age	Sex	Side	Knee flexion angle			Knee flexion angle			Knee flexion angle		
				70°	90°	110°	70°	90°	110°	70°	90°	110°
1	72	M	R	6	10	32	-2	5	16	25	35	41
			L	6	15	20	0	4	14	30	36	39
2	66	M	R	5	12	23	-1	5	17	32	37	40
			L	8	15	22	0	5	16	33	39	42
3	80	F	R	3	10	20	0	7	20	25	28	40
			L	0	6	15	0	8	20	25	28	47
4	79	F	R	10	15	20	-2	7	10	26	30	38
			L	12	15	20	-3	6	10	26	30	37
5	66	F	R	5	10	35	0	4	25	26	28	35
			L	8	10	20	0	5	18	25	28	34

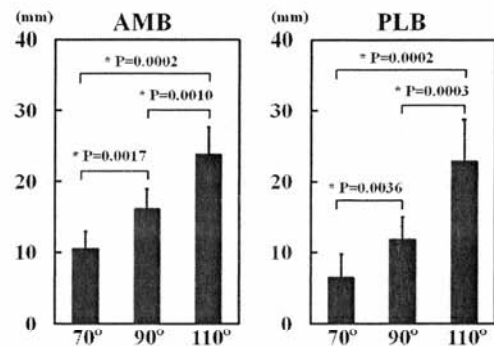
SDPCN : shortest distance to common peroneal nerve
SDPAC : shortest distance to posterior articular cartilage
LFT : length of femoral tunnel

The mean shortest distances to the common peroneal nerve when drilling the AMB were 10.5 mm (range; 7 to 15, SD± 2.3) at a knee flexion angle of 70°, 16.0 mm (range; 10 to 20, SD± 3.0) at 90°, and 23.6 mm (range; 18 to 30, SD± 4.0) at 110°. The mean shortest distances when drilling the PLB were 6.3 mm (range; 0 to 12, SD± 3.4) at 70°, 11.8 mm (range; 6 to 15, SD± 3.1) at 90°, and 22.7 mm (range; 15 to 35, SD± 6.1) at 110°. Statistically significant differences were observed among three different knee angles when drilling the AMB and PLB (Fig. 4A).

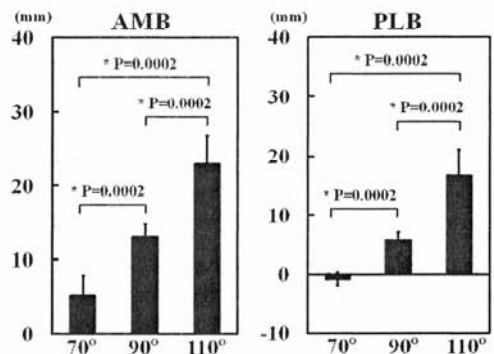
The mean shortest distances to the posterior articular cartilage of the lateral femoral condyle when drilling the AMB indicated 5.1 mm (range; 0 to 10 mm, SD± 2.8) at a knee flexion angle of 70°, 13.0 mm (range; 10 to 15, SD± 1.9) at 90°, and 23.0 mm (range; 18 to 30, SD± 3.9) at 110°. The mean shortest distances when drilling the PLB

indicated -0.8 mm (range; -3 to 0, SD± 1.1) at a knee flexion angle of 70°, 5.6 mm (range; 4 to 8, SD± 1.4) at 90°, and 16.6 mm (range; 10 to 25, SD± 4.6) at 110°. Statistically significant differences were observed among three different knee angles when drilling the AMB and PLB (Fig. 4B). Our measurements show that the mean lengths of femoral tunnel when drilling the AMB were 28.3 mm (range; 22 to 35, SD± 3.2) at a knee flexion angle of 70°, 33.2 mm (range; 26 to 40, SD± 3.8) at 90°, and 40.4 mm (range; 35 to 47, SD± 3.9) at 110°. The mean lengths of femoral tunnel when drilling the PLB were 27.3 mm (range; 25 to 33, SD± 3.1) at 70°, 31.9 mm (range; 28 to 39, SD± 4.4) at 90°, and 39.3 mm (range; 34 to 47, SD± 3.7) at 110°. Statistically significant differences were observed among three different knee angles when drilling the AMB and PLB (Fig. 4C).

A Shortest distance to common peroneal nerve



B Shortest distance to posterior articular cartilage



C Length of femoral tunnel

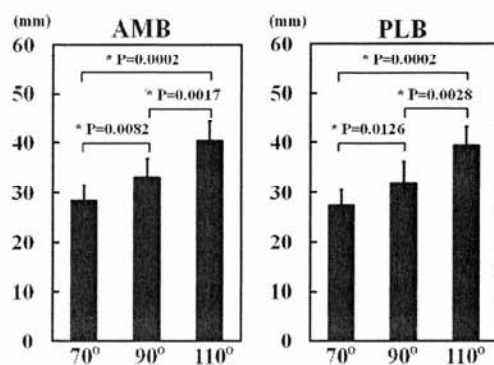


Figure 4.

(A, B, C) The shortest distance from the femoral tunnel exit point to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage, and the lengths of the femoral tunnel were measured when drilling AMB and PLB at three different knee flexion angles: 70°, 90°, and 110°. The mean of them was shown. Statistical analysis was performed using the Mann-Whitney U test. *P values indicate that statistical significant differences were observed.

At a knee flexion angle of 70°, the shortest distance to the common peroneal nerve did not exceed 10mm in seven cases (70 %) when drilling the AMB and in nine cases (90 %) when drilling the PLB, including one case (10 %) in which the passing pin directly hit the nerve. The shortest distance to the posterior articular cartilage was less than 10 mm in all the AMB (100 %) and PLB cases (100 %), including one AMB (10 %) and all the PLBs (100 %) in which the pin directly passed and broke the cartilage. At 90°, the shortest distance to the nerve was less than 10mm in one AMB (10 %) and five PLBs (50 %), and the shortest distance to the cartilage was less than 10 mm in two AMBs (20 %) and all the PLBs (100 %). On the other hand, at 110°, the shortest distance to the nerve was greater than 10mm in all the AMBs (100 %) and PLBs (100 %), and the shortest distance to the cartilage did not exceed 10 mm in just two of the PLBs (20 %).

The lengths of femoral tunnel were less than 25 mm in one AMB (10 %) and in four PLBs (40 %) at 70°. However, the lengths were greater than 25 mm in all the AMBs (100 %) and PLBs (100 %) at 90° and 110°.

DISCUSSION

Recently, some studies to estimate the risks of damage to the lateral femoral condyle or the surrounding structures when drilling femoral tunnels via the medial portals in double-bundle ACL reconstruction were reported.¹⁸⁻²⁰ Even if the femoral tunnel placements were correct, the improper portal placements or knee flexion angles when drilling the AMB and PLB have the potential risks to cause iatrogenic damage to the normal structures around the lateral femoral condyle. Zantop et al. reported that a high accessory medial portal placement for drilling of the femoral PLB tunnel at low knee flexion angles may be associated with damage to the subchondral bone plate of the lateral femoral condyle. They recommended drilling of the femoral PLB tunnel through a low accessory medial portal in high knee flexion in double bundle ACL reconstruction.¹⁸ Basdekis et al. noted that the femoral tunnels drilled through the anteromedial portal at a knee flexion angle of 90° were at risk of blowing out of the posterior wall of the lateral femoral condyle.¹⁹ Neven et al. reported that the PLB tunnel can be created safely in double-bundle ACL reconstruction when performed through a low anteromedial portal in high knee flexion.²⁰ Although nerve and cartilage damage are more serious problems, but previous

studies were not discussed from the viewpoint of them. The common peroneal nerve runs near the posterior aspect of the lateral femoral condyle, and damage to the nerve causes severe dysfunction of the lower leg. Furthermore, damage to the articular cartilage of the lateral femoral condyle accelerates the progression of future osteoarthritic changes. Therefore, we focused on the potential risks of damage to the nerve and the cartilage in this study.

From our measurements of this cadaveric study, we found that the low knee flexion angles when drilling femoral tunnels via the far anteromedial portal might have the potential risks of damage to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage, and the risks of damage to the nerve and the cartilage would be decreased at higher degrees of knee flexion. However, we found there was 20 % risk of damage to the cartilage while drilling the PLB at 110°. Furthermore, the lengths of the femoral tunnel did not exceed 25 mm in one AMB (10 %) and in four PLBs (40 %) at a knee flexion angle of 70°.

In the clinical situation, we can not see exactly where the passing pin is exiting the lateral femoral condyle from inside the joint and how far the pin exit point from the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage when drilling the AMB and PLB via the far anteromedial portal in double-bundle ACL reconstruction. We can only image them and avoid damage to the nerve and cartilage from the direction of the pin, the positions of the surrounding structures of the lateral femoral condyle, or the knee flexion angles. Concerning the length of the femoral tunnel, a short tunnel may limit the fixation options (such as Endobutton CL; Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA) on the femoral side.

Therefore, we think that informations from our cadaveric findings about the potential risks of femoral tunnel drilling and the lengths of the femoral tunnel via the far anteromedial portal may be useful for surgeons in double-bundle ACL reconstruction.

However, our study had some limitations. First, we use embalmed and fixed cadaveric knees. The conditions of the surrounding structures of the knee joint were different from the natural knee, so our findings are not directly applicable to clinical conditions. Second, the number of subjects was insufficient, since we used only 5 cadavers. Third, the removal or incision of soft tissue restraints such as the quadriceps tendon, the vastus lateralis, the iliotibial band and the biceps femoris might have influenced our results because of the altered position of the portal placement, the nerve running pattern, or the knee joint alignment when drilling femoral tunnels, being different from the original anatomical conditions.

CONCLUSIONS

In our cadaveric study, we found that the low knee flexion angles when drilling femoral tunnels via the far anteromedial portal might have the potential

risks of damage to the common peroneal nerve and the posterior articular cartilage, and the risks of damage to the nerve and the cartilage would be decreased at higher degrees of knee flexion. However, we found there was 20 % risk of damage to the cartilage while drilling the PLB at 110°.

REFERENCES

1. Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament: fiber bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73: 260-270.
2. Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res* 1997; 15: 285-293.
3. Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotator loads. *J Orthop Res* 2004; 22: 85-89.
4. Yunes M, Richmond JC, Engels EA. Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis. *Arthroscopy* 2001; 17: 248-257.
5. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single-versus double-bundle multistranded hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86: 515-520.
6. Woo SL, Kanamori A, Zeminski J, Yagi M, Papageorgiou C, Fu FH. The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with hamstring and patellar tendon. A cadaveric study comparing anterior tibial and rotational loads. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84: 907-914.
7. Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH, Woo SL. Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2002; 30: 660-666.
8. Rosenberg TD, Brown GC, Deffner KT. Anterior cruciate ligament reconstruction with a quadrupled semitendinosus autograft. *Sports Med Arthrosc Rev* 1997; 5: 51-58.
9. Muneta T, Sekiya I, Yagishita K, Ogiuchi T, Yamamoto H, Shinomiya K. Two-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament using semitendinosus tendon with endobuttons: Operative technique and preliminary results. *Arthroscopy* 1999; 15: 618-624.
10. Marcacci M, Molgota AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Lacono F, Presti ML. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthroscopy* 2003; 19: 536-540.
11. Bellier G, Christel P, Colombet P, Djian P, Franceschi JP, Sbihi A. Double-stranded hamstring graft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2004; 20: 890-894.
12. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H. Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy* 2004; 20: 1015-1025.
13. Aglietti P, Giron F, Cuomo P, Losco M, Mondanelli N. Single- and double- incision double-bundle ACL reconstruction. *Clin Orthop Rel Res* 2007; 454: 108-113.
14. Timo J, Anna-Stina M, Raine S, Sally J, Pekka K, Markku J. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts and bioabsorbable interference screw fixation. Prospective, randomized, clinical study with 2-year results. *Am J Sports Med* 2008; 36: 290-297.
15. Giron F, Cuomo P, Edwards A, Bull AM, Amis AA, Aglietti P. Double-bundle " anatomic " anterior cruciate ligament reconstruction: A cadaveric study of tunnel positioning with a transtibial technique. *Arthroscopy* 2007; 23: 7-13.
16. Cohen SB, Fu FH. Three-portal technique for anterior cruciate ligament reconstruction: use of a central medial portal. *Arthroscopy* 2007; 23: 325.e1-325.e4.
17. Shino K, Horibe S, Hamada M, et al. Allograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Tech Knee Surg* 2002; 1: 78-85.
18. Zantop T, Haase AK, Fu FH, Peterson W. Potential risk of cartilage damage in double bundle ACL reconstruction: impact of knee flexion angles and portal location on the femoral PL bundle tunnel. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 509-513.
19. Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Influence of knee flexion angle on femoral tunnel characteristics when drilled through the anteromedial portal during anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2008; 24: 459-464.
20. Neven E, D'Hooghe P, Bellemans J. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study on the posterolateral tunnel position and safety of the lateral structures. *Arthroscopy* 2008; 24: 436-440.