

Japanese Journal of  
**ORTHOPAEDIC  
SPORTS  
MEDICINE**



日本整形外科スポーツ医学会







藤 卷 悦 夫 名 誉 教 授 遺 影

ご 略 歴

1935年(昭和10年)3月10日生まれ

学 歴

1955年(昭和30年)3月 日本大学医学進学課程終了

1959年(昭和34年)3月 昭和医科大学卒業

1960年(昭和35年)4月 医師免許証取得  
(第172187号)

1970年(昭和45年)6月 医学博士の学位授与  
(昭和大学)

職 歴

1960年(昭和35年)7月 昭和医科大学整形外科学教室  
副手

1962年(昭和37年)4月 武蔵野赤十字病院整形外科  
勤務

1963年(昭和38年)6月 昭和医科大学整形外科学教室  
助手

1964年(昭和39年)4月 昭和医科大学を昭和大学に名  
称変更後引き続き昭和大学医  
学部整形外科学教室助手

1968年(昭和43年)7月 昭和大学附属秋田外科病院  
整形外科医長

1969年(昭和44年)4月 東京共済病院整形外科医長

1970年(昭和45年)6月 昭和大学医学部整形外科学  
教室講師

1974年(昭和49年)1月 昭和大学医学部整形外科学  
教室助教授

1977年(昭和52年)7月 西ドイツリュューベック医科  
大学整形外科留学

1983年(昭和58年)5月 昭和大学医学部整形外科学  
教室教授

昭和大学病院整形外科診療  
科長

1992年(平成4年)3月 学校法人昭和大学評議員

1992年(平成4年)6月 昭和大学医学部学生部長

1994年(平成6年)4月 昭和大学病院副院長

1996年(平成8年)4月 昭和大学病院長

1996年(平成8年)5月 学校法人昭和大学理事

1997年(平成9年)4月 昭和大学医師会長  
2000年(平成12年)3月 定年退職  
2000年(平成12年)4月 昭和大学名誉教授の称号を  
授与する  
2001年(平成13年)11月24日逝去 享年67歳

#### 委員委嘱

身体機能回復医学研究連絡委員会委員  
東京都特定機能病院医療連携推進協議会委員  
品川区保健所運営協議会会長  
全国医学部長病院長会議副会長  
全国医学部長病院長会議広報委員長  
品川区地域保健医療計画推進協議会会長  
品川区かかりつけ医調整委員会委員

#### 学会長および活動

日本整形外科学会名誉会員  
日本小児整形外科学会評議員  
日本整形外科スポーツ医学会監事  
第16回日本整形外科スポーツ医学会会長  
関東整形災害外科学会名誉会員  
第24回関東整形災害外科学会会長  
東日本臨床整形外科学会名誉会員  
第46回東日本整形災害外科学会会長  
日本職業・災害医学会理事  
第40回日本災害医学会学術大会会長補佐

第44回日本災害医学会学術大会会長  
日本リウマチ学会評議員  
日本リウマチ・関節外科学会功労会員  
日本手の外科学会名誉会員  
第42回日本手の外科学会会長  
第5回日本手の外科学会秋季教育研修会会長  
東日本手の外科研究会名誉会員  
第6回東日本手の外科研究会会長  
日本足の外科学会名誉会員  
第16回日本足の外科学会会長  
日本肘関節研究会名誉会員  
第8回日本肘関節研究会会長  
日本骨折治療学会名誉会員  
第19回日本骨折治療学会会長  
日本骨形態計測学会評議員  
第25回日本肩関節学会会長  
第9回日本登山医学シンポジウム会長  
日本体力医学会評議員  
日本結合組織学会評議員  
日本生体電気刺激研究会名誉会員  
第19回日本生体電気刺激研究会会長  
昭和医学会名誉会員

#### 表彰

1981年(昭和56年)2月 デサントスポーツ奨学賞

## 藤巻悦夫名誉教授のご逝去を悼みて

日本整形外科スポーツ医学会 理事長  
井形 高明

平成13年11月24日、昭和大学医学部名誉教授藤巻悦夫先生が忽然と逝去されました。安らかなご他界であったと承っていますが、享年67歳、誠に惜しまれてなりません。ご家族、母教室の皆様をはじめ、ゆかりのある方々のご悲嘆はさぞかしと思われまします。日本整形外科スポーツ医学会の私どもにとりましても、無念は絶ち難く、監事であられた先生のご示唆を仰ぎながら、わが国が目指す生涯スポーツ社会を担う機構整備の最中であっただけに、暗夜に火を失った思いであります。

藤巻先生のスポーツ医学者としての歩みは、昭和35年に母校の整形外科教室に入局され、恩師上村正吉教授の期待を担って教室の伝統あるスキー外傷を手掛けたことに始まり、以来使命感に燃え、高校時代、大学時代を通じスキー選手として蓄積した経験を生かして、昼夜を分かたぬ勉勵を重ね、スポーツ医学の発展に全力投球されました。昭和58年には、上村教授の後任として主任教授になられ、スポーツ活動の大衆化や国際化に伴うスポーツ現場からのニーズに応じて余りあるスポーツ医学の一門をなすに至っています。去る平成10年に昭和大学整形外科教室開講70周年を記念して出版されたご一門による「スキー・スノーボード外傷—42年間の診療実績—」は、百世の成書として、斯界に寄与するものと確信いたしております。

研究者として先生のレパートリーは広く、周知の通り、前述のスポーツ医学会をはじめ、手の外科学会、肩関節学会、足の外科学会、さらには骨折治療学会、災害医学会などの重鎮として際立ったご寄与を重ねられています。教育者としては数多くの俊秀を育成され、管理者としては大学運営や全国医学部長病院長会議で卓越したご手腕を示されるなどの幾多のご功績には畏敬の念を禁じ得ません。

藤巻先生は、常に謙虚にして、深い慈しみを以て人に接せられ、強靱な信念と実行力で以て諸事の処理に全力を尽くされてきました。先生のごこうした比類なき人間性に肖り、共にスポーツ医学発展に預かり、人生の一里塚を歩み得た私どもは、なんとしても故藤巻先生の偉業を生涯の糧とせねばなるまいとの念に駆り立てられております。

教室葬の日は、小春日和となり、弔問客の献花の列は後を絶たず、藤巻先生のご功績、ご遺徳の偉大さが偲ばれました。最後のお別れに臨み、白菊の山頂に座して満面笑顔のご遺影を仰ぎ、ひたすらご冥福をお祈り申し上げ、藤巻先生のご遺志に対して、日本整形外科スポーツ医学会は総力をあげて、スポーツ医科学の一層の進歩、普及を図りスポーツ現場の要請に応えとともに、先生の提唱された新健康医学の実現に向けて邁進することを誓い、合掌。



# 目 次

## 〈教育研修講演〉

1. 靱帯損傷による膝関節不安定性の病態と診断  
Instability of the Knee Joint due to Ligamentous Injuries  
防衛医科大学校整形外科学講座 富士川恭輔 …… 1
2. Cervical Spinal Injuries caused by Sport Activities  
スポーツにおける頸椎・頸髄損傷  
弘前大学医学部整形外科学教室 植山 和正ほか …… 13
3. Swan-neck Deformity by Sports Injury : A Report of Three Cases  
スポーツ外傷による swan-neck 変形の3例  
日本大学医学部附属駿河台病院整形外科 元島 清香ほか …… 20
4. Injuries in Elite Skaters  
一流スケート選手における傷害  
獨協医科大学整形外科学教室 酒井 宏哉ほか …… 25
5. Diving Injuries and Fatalities  
潜水障害と死亡事故  
東京医科歯科大学大学院健康教育学講座 山見 信夫ほか …… 31
6. Decorin Antisense Gene Therapy decreases Creep Behavior of Early Ligament Scar  
デコリンアンチセンス遺伝子治療は初期修復靱帯のクリープ現象を抑制する  
大阪労災病院スポーツ整形外科 中村 憲正ほか …… 37
7. Influence of Mechanical Stress on Graft Healing in a Bone Tunnel : A Preliminary Experimental Study  
骨孔内における tendon-bone healing における力学的影響  
金沢大学医学部整形外科学教室 山門浩太郎ほか …… 45
8. Mechanism of Fingernail Injury in Baseball  
野球投球時爪損傷のメカニズムの検討  
県立がんセンター新潟病院整形外科 瀬川 博之ほか …… 52

9. 第11回GOTS-JOSSM-KOSSM Traveling Fellowship 報告

広島大学医学部整形外科学教室

望月 由 …… 57

10. 第11回GOTS-JOSSM-KOSSM Traveling Fellowship 報告

島根医科大学整形外科学教室

高尾 昌人 …… 62

# 日本整形外科学スポーツ医学会雑誌投稿規定

1992 年 10 月より適用

1998 年 9 月一部改正

2000 年 4 月一部改正

## 雑誌の刊行

1. 年 4 回発行する。
2. 内 1 回は学会抄録号とし、年 1 回の学術集会の際に発行する。
3. ほかの 3 回のうち 1 回を英文号とし、原則として学会発表論文を掲載する。  
ほかに自由投稿論文(論述、総説)なども掲載する。

## 論文の投稿

1. 学会抄録号に掲載する論文は指定する用紙の様式にそってタイプし、締切期日までに提出する。
2. 学会発表論文は、学会終了後、事務局あてに送付する。
3. 自由投稿論文は、事務局あてに送付する。
4. 主著者および共著者は、日本整形外科学スポーツ医学会の会員であることを原則とする。  
ただし、内容により上記条件を満たさない場合でも掲載を許可することがある。
5. 学会発表論文、自由投稿論文は未発表のものであることとする。他誌に掲載したもの、または投稿中のものは受理しない。日本整形外科学スポーツ医学会雑誌掲載後の論文の著作権は日本整形外科学スポーツ医学会に帰属し(学会抄録号掲載論文を除く)掲載後は他誌に転載することを禁ずる。論文の採否は編集委員会で決定する。

## 学会抄録号掲載論文の編集

1. 抄録用紙の様式にそって、図表を含み 800 字以上 1200 字以内の論文を作成する。
2. 印字リボンを用い、見本にしたがって、9 ポイント活字で印字する。
3. 論文は、目的、方法、結果、考察、結語、の順に明確に記載する。
4. 演題名、氏名、キーワード(3 語以内)を和英併記で所定の箇所に印字し、所属を所定の位置に印字する。
5. 図表の数は 2 個以内とし、抄録様式の枠内に収まるように配列する。

# 学会発表論文，自由投稿論文の編集

1. 和文論文 形式：A4 (B5) 判の用紙にワードプロセッサを用い作成する。用紙の左右に十分な余白をとって1行20字×20行＝400字をもって1枚とする。その際、フロッピーディスク(テキストファイル)を提出することが望ましい。

体裁：(1)タイトルページ

- a. 論文の題名(和英併記)
- b. 著者名，共著者名(6名以内)(和英併記)
- c. 所属(和英併記)
- d. キーワード(3個以内，和英併記)
- e. 連絡先(氏名，住所，電話番号)
- f. 別刷希望数(朱書き)

(2)和文要旨(300字以内)

(3)英文要旨(150 words 以内)

※要旨には，研究の目的，方法，結果および結論を記載する。

(4)本文および文献

※本文は，緒言，材料および方法，結果，考察，結語の順に作成する。

(5)図・表(あわせて10個以内)(図・表および図表説明文とも英語で作成)

枚数：原則として，本文，文献および図・表，図表説明文をあわせて22枚以内とし，上限を40枚以内とする。ページの超過は認めない。

掲載料については11.を参照すること。

※図・表は1個を原稿用紙1枚と数える。

2. 英文論文 形式：A4 判のタイプ用紙に，ワードプロセッサを用い，用紙の左右に十分な余白をとって作成する。1枚の用紙には35行以内とし，1段組とする。その際，フロッピーディスク(テキストファイル)を提出することが望ましい。

体裁：(1)タイトルページ

- a. 論文の題名(和英併記)
- b. 著者名，共著者名(6名以内)(和英併記)
- c. 所属(和英併記)
- d. キーワード(3個以内，和英併記)
- e. 連絡先(氏名，住所，電話番号)
- f. 別刷希望数(朱書き)

(2)英文要旨(abstract)(150 words 以内)

(3)和文要旨(300字以内)

※要旨には，研究の目的，方法，結果および結論を記載する。

(4)本文および文献

※本文は，緒言，材料および方法，結果，考察，結語の順に作成する。

(5)図・表(あわせて10個以内)(図・表および図表説明文とも英語で作成)

(6)英語を母国語とする校閲者の署名

枚数：原則として，本文，文献および図・表，図表説明文をあわせて22枚以内とし，上限を40枚以内とする。ページの超過は認めない。

掲載料については11.を参照すること。

※図・表は1個を原稿用紙1枚と数える。



### 3. 用 語

- 常用漢字，新かなづかいを用いる。
- 学術用語は，「医学用語辞典」（日本医学会編），「整形外科学用語集」（日本整形外科学会編）に従う。
- 文中の数字は算用数字を用い，度量衡単位は，CGS 単位で，mm，cm，m，km，kg，cc，m<sup>2</sup>，dl，kcal，等を使用する。
- 文中の欧文および図表に関する欧文の説明文などは，ワードプロセッサを使用する。
- 固有名詞は，原語で記載する。

### 4. 文献の使用

- 文献の数は，本文または図・表の説明に不可欠なものを20個以内とする。
- 文献は，国内・国外を問わず引用順に巻末に配列する。
- 本文中の引用箇所には，肩番号を付して照合する。

### 5. 文献の記載方法

- 欧文の引用論文の標題は，頭の1文字以外はすべて小文字を使用し，雑誌名の略称は欧文雑誌では Index Medicus に従い，和文の場合には正式な略称を用いる。著者が複数のときは筆頭者のみで，共著者を et al または，ほかと記す。

(1)雑誌は，著者名(姓を先とする)：標題，誌名，巻：ページ，発行年。

例えば

山○哲○ほか：投球障害肩の上腕骨頭病変—MRIと関節鏡所見の比較検討—。整スポ会誌，19：260-264，1999。

Stannard JP et al：Rupture of the triceps tendon associated with steroid injections. Am J Sports Med, 21：482-485，1993。

(2)単行書は著者名(姓を先とする)：書名，版，発行者(社)，発行地：ページ，発行年。

例えば

Depalma AF：Surgery of the shoulder. 4th ed. JB Lippincott Co, Philadelphia：350-360，1975。

(3)単行書の章は著者名(姓を先とする)：章名。In：編著者名または監修者名(姓を先とする)，ed. 書名，版，発行者(社)，発行地：ページ，発行年。

例えば

Caborn DNM et al：Running. In：Fu FH, ed. Sports Injuries. Williams & Wilkins, Baltimore：565-568，1994。

### 6. 図・表について

- 図・表などはすべて A4 (B5) 判の用紙に記入もしくは貼付し，本文の右側欄外に図・表挿入箇所を指示する。
- 図はそのまま製版できるように正確，鮮明なものを使用し，X線写真，顕微鏡写真はコピー原稿にも紙焼きしたものを添付する。
- 写真は，手札またはキャビネ以上 B5 判までとし，裏面に論文中該当する図表番号と天地を明記し，台紙にはがしやすいうように貼付する。

7. 投稿時には，本原稿にコピー原稿 2 部(図・表を含む)を添え提出する。フロッピーディスクを添付する場合も，本原稿およびコピー原稿 2 部(図・表を含む)は必ず提出する。

8. 初校は著者が行なう。著者校正の際は単なる誤字・脱字の修正以外は，加筆・補正を認めない。著者校正後は速やかに(簡易)書留便にて返送する。

9. 編集委員会は査読のうえ、論文中の用語、字句表現などを著者に承諾を得ることなしに修正することがある。また、論文内容について修正を要するものは、コメントをつけて書き直しを求める。
10. 論文原稿は、返却しない。
11. 掲載料は、刷り上がり 6 頁(タイトルページと 400 字詰め原稿用紙 22 枚でほぼ 6 頁となる)までを無料とする。超過する分は実費を別に徴収する。
12. 別刷作製に関する費用は実費負担とする。希望する別刷数を、投稿時タイトルページに朱書きする。別刷は、掲載料、別刷代金納入後に送付する。

■原稿送り先

日本整形外科学スポーツ医学会事務局編集室  
〒106-0046 東京都港区元麻布3-1-38-4B  
有限会社 ヒズ・ブレイン 東京オフィス内  
TEL 03-3401-6511 / FAX 03-3401-6526

---

編集委員 (2001 年度)

○高倉 義典	青木 治人	柏口 新二	木村 雅史
下條 仁士	高岸 憲二	竹田 毅	戸松 泰介
仁賀 定雄	浜田 良機	増島 篤	安田 和則
			(○委員長)

# 靱帯損傷による膝関節不安定性の病態と診断

## Instability of the Knee Joint due to Ligamentous Injuries

防衛医科大学校整形外科科学講座 富士川恭輔 Kyosuke Fujikawa

### ● Key words

Ligamentous injury : Instability : Diagnosis

靱帯損傷, 不安定性, 診断

### ● 要旨

膝関節靱帯損傷はいろいろな膝不安定性を起こすが、とくに著しい機能障害をもたらすのは複合不安定性である回旋不安定性である。この回旋不安定性による機能障害は、臨床上ACL損傷またはACLを含んだ複合靱帯損傷で生じることが多い。また靱帯損傷には完全断裂から不顕性の不全断裂まで組み合わせられるので、その診断は個々の靱帯の制御機能の理解を基に、単純X線写真、stress X線写真、関節造影、MRIなどの画像所見、knee arthrometerなどによる計測、関節鏡所見を補助診断法とし、きめ細かい徒手検査により下される。

今回は、膝関節靱帯の機能解剖、その損傷の病態、診断について述べる。

### はじめに

膝関節は、人体のなかで最も大きな関節の1つである。この関節は、大腿脛骨関節(femoro-tibial articulation)と膝蓋大腿関節(patello-femoral articulation)という2つの関節により構成され、また間接的に近位脛腓関節が関与するという複雑な構造を有する。さらに広い可動域と高度の支持性が要求されるばかりではなく、大きな荷重にも耐えねばならない。

この関節の支持性と運動軌跡の誘導は、靱帯を中心とする静的支持機構(固有靱帯、関節包靱帯、支帯)、動的支持機構(筋、筋-腱複合体)、筋肉の緊張および骨の形態(半月板、関節軟骨を含む)が協調し

て機能することによりきわめて巧みに制御されている。したがって、とくに静的支持機構が損傷し膝関節に不安定性が生じ、その運動軌跡に異常をきたすと、膝関節には多大な機能障害が生じ、さらに経時的に半月板損傷そして変形性変化を合併するようになる。

したがって、静的支持機構の機能と、それがどの程度損傷したらどのような膝関節機能障害、すなわち不安定性が生じるかを正しく理解することは、膝関節靱帯損傷の診断、治療に当たるうえで極めて重要である。

### 1. 靱帯損傷による膝関節不安定性の分類 (Fig. 1)

#### (1) 一方向性不安定性(One direction instability)

靱帯損傷による基本的な膝関節不安定性で、一平面上における大腿骨に対する脛骨の一方向への異常可動性をいう。すなわち、MCL損傷-外反不安定性、LCL損傷-内反不安定性、ACL損傷-前方不安

富士川恭輔

〒359-8513 所沢市並木3-2

防衛医科大学校整形外科科学講座

TEL 042-995-1663

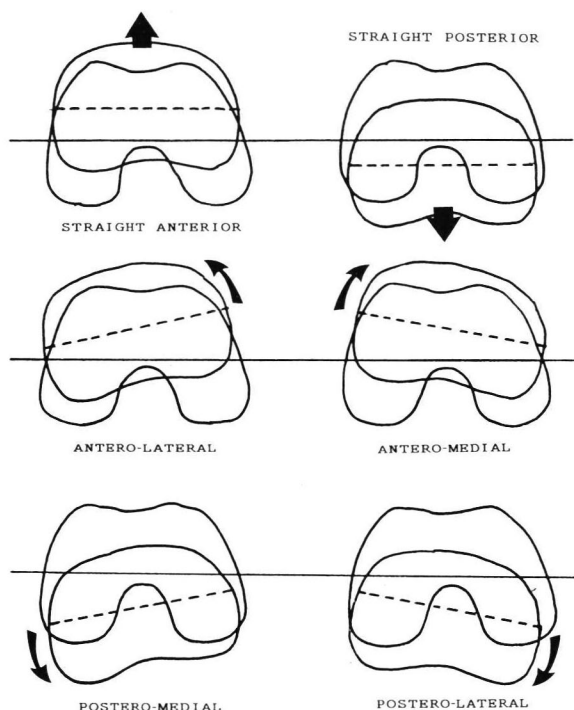


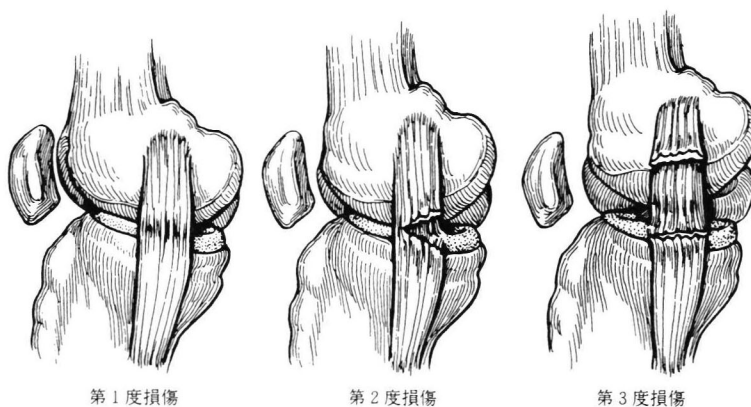
Fig. 1 膝関節靱帯損傷による不安定性.

定性, PCL損傷-後方不安定性などである. しかし実際にはこの一方向性不安定性だけでは解釈しきれないことが多い.

## (2) 回旋不安定性(Rotatory instability)

基本的には膝関節水平面上で, 前外側(antero-lateral: AL), 前内側(antero-medial: AM), 後外側(postero-lateral: PL), 後内側(postero-medial: PM)に分けられる. これらの回旋不安定性は, 前, 後十字靱帯損傷または十字靱帯を含んだ複合靱帯損傷でみられることが多い. それぞれの異常回旋運動を生じる回旋軸が存在するわけであるが, 各異常回旋運動(不安定性)に対する回旋軸は必ずしも明らかにされていない.

臨床的には, ACL損傷における antero-lateral rotatory instability(ALRI), ACL + MCL損傷における antero-medial rotatory instability(AMRI), PCL + PLS(後外側支持機構)損傷における postero-lateral rotatory instability(PLRI)が問題になる.



	アメリカ医学協会 (American Medical Association) スポーツ医学委員会による分類	慶大式分類
第1度損傷 (Grade-1)	靱帯線維のごく僅かな部分の損傷 (肉眼的には損傷が判定できない程度から靱帯の1/2以下の損傷). 局所的な圧痛はあるが, 関節の不安定性は認められない.	靱帯損傷部位の限局性圧痛, 腫脹. 不安定性はみられないか, あっても軽度.
第2度損傷 (Grade-2)	靱帯線維の損傷が第1度以上 (損傷が靱帯の1/2~2/3) で機能障害が少し存在する. 但し関節の不安定性は認められない.	関節の不安定性は認められるが損傷靱帯による end point (不安定性がはっきり止まる点) が明らかに認められる.
第3度損傷 (Grade-3)	靱帯線維の損傷部分が更に増大したもの (損傷が靱帯の2/3以上). 明らかに関節の不安定性が認められる.	end point が全く認められず, 著しい不安定性が認められる.

Fig. 2 膝関節靱帯損傷の分類(アメリカ医学協会スポーツ医学委員会).

(Mont MA et al : Classification of ligament injuries in ligament and extensor mechanism injuries of the knee. In : Scott WN, ed. Mosby Year Book, 1991. より引用)

【参考】Global instability：重度の複合靱帯損傷では、一方向性、回旋不安定性が混在し、徒手的に容易に膝関節が多方向に亜脱臼する場合にはglobal instabilityという。

## 2. 靱帯損傷の程度

靱帯損傷にはさまざまな程度があり、局所に限局性の圧痛はあるが不安定性をもたさないもの(Grade-1)から、ある程度伸張されてはいるが連続性を保ち、安定性はある程度保たれend pointのあるもの(Grade-2)、完全に連続性が失われ、不安定性が著しいもの(Grade-3)まである。靱帯損傷の程度は直接治療法の選択に結びつくので、いままで多くの分類法が提案されてきた。その代表的なものがアメリカ医学協会(American Medical Association)スポーツ医学委員会による3型に分ける分類法である(Fig. 2)。

不安定性は通常徒手的に評価することが多いが、一方向性不安定性に関しては、stress X線写真による計測、とくに前後不安定性に関してはknee arthrometerによる定量的評価が一般化されている。Knee arthrometer KT2000による計測は、そのforce-displacement curveから単に不安定性の程度の評価だけでなく、stiffnessなどの力学的特性も評価することができる。

一方、回旋不安定性は、定量的に評価する方法はなく徒手的に評価されている。

## 3. 主要靱帯の機能解剖

靱帯損傷による膝関節不安定性を理解するには各靱帯の機能解剖が基本となる。

### (1) 十字靱帯(ACL/PCL) (Fig. 3)

膝関節中央部には、前十字靱帯(ACL)と後十字靱帯(PCL)が走行する。ACLは大腿骨顆間窩後外側面から脛骨顆間隆起およびその前方部に、PCLは大腿骨顆間窩前内側面から脛骨顆部後面にそれぞれ付着し、その付着部は扇状に広がり広い面積を占めている。PCLの付着部は一部は関節包外である。PCLはACLの約2倍の太さを有する。

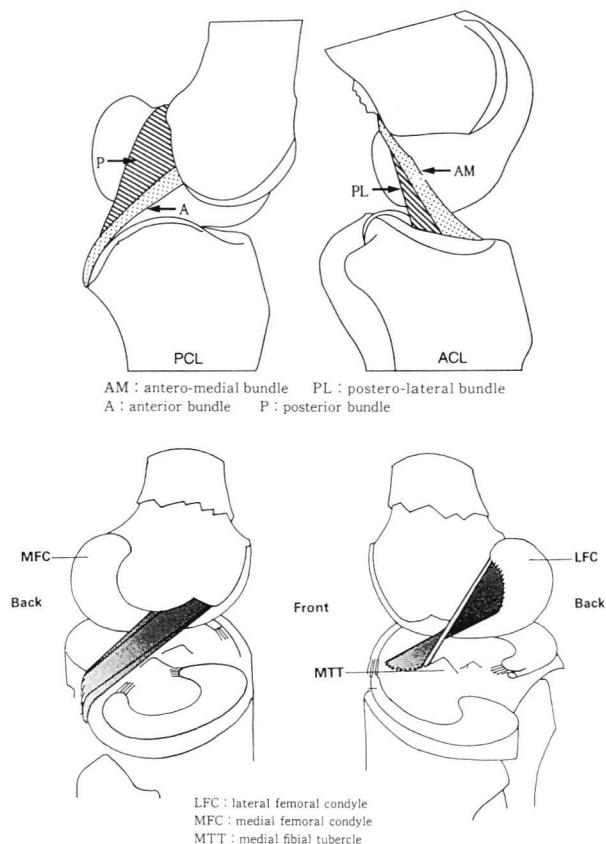


Fig. 3 膝関節前・後十字靱帯を構成するbundle.  
(Segal P, Jacob M : The Knee. Wolfe Med. Publications Ltd. 1984 より)

ACLは脛骨付着部を基準として、前内側束(antero-medial bundle)と後外側束(postero-lateral bundle)に分けられる。前者はACL脛骨付着部前内側部と大腿骨付着部の後上部を結び、ACL中最も長い線維束である。後者はACL脛骨付着部の後外側と大腿骨付着部の前下部を結び、脛骨関節面に対しほぼ垂直に走行する。この間に中間束(intermediate bundle)が分けられることもある。ACLの脛骨付着部は大腿骨側に比較してより広く、強靱なのでACL損傷の場合、靱帯実質部損傷は中央より中枢よりで、骨片を伴った裂離(avulsion)は脛骨側で発生することが多い。

PCL脛骨付着部は内外側に広がり、大腿骨側は前後に広がる。PCLはACLほど明らかなではないが、大腿骨付着部の位置を基準として前側束(anterior bundle)と後側束(posterior bundle)に分けることが

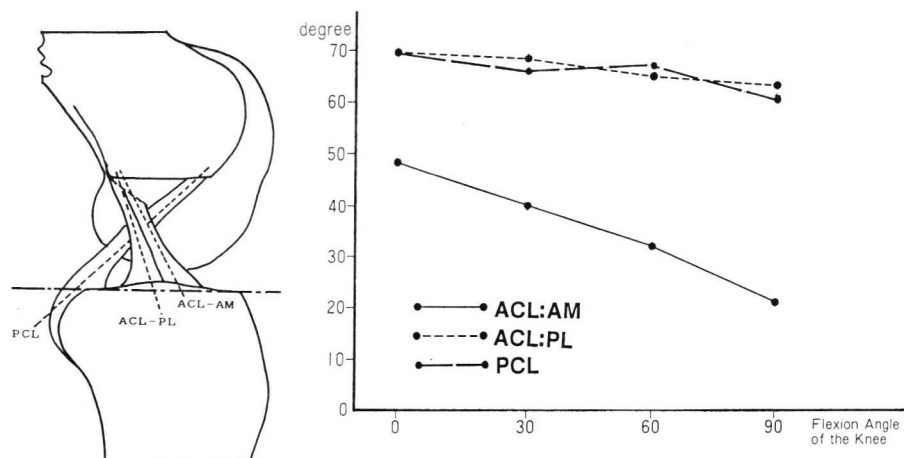


Fig. 4 胫骨関節面に対する十字靱帯の角度(sagittal axial angle : SAA)の変化.

できる。前者は大腿骨顆間窩内側の前上部より胫骨付着部内側前部に、後者は大腿骨付着部の後下部より胫骨付着部の後外部に至る。すなわちACLは2本の束が互いに捻れるように、PCLは2本の束が前後に重なるように走行する。

膝関節の各屈曲角度における十字靱帯の緊張度をみると、屈曲角度により靱帯の一部は緊張し、一部は弛緩するように靱帯内でそれぞれの束が役割分担することにより、いずれの関節角度でも靱帯は全体として常に緊張が維持できると考えられ、このmechanismは、1本の靱帯がいくつかの束に分かれ、骨への付着形態が扇状に広がっていることにより成り立つとされている。

一方ACLの前内側束は膝関節が伸展位から屈曲するに従い水平位に近づくが、後外側束はPCLと同様に胫骨関節面の垂線に対して30°の傾きを保ったまま、胫骨関節面に対する角度は膝関節が屈曲してもほとんど変わらない(Fig. 4)。このことはACLが複数の束から構成されているが、単に関節の安定性を保つばかりではなく、関節運動の軸としても機能していることを示唆して興味深い。

## (2) 内側支持機構

MCLは膝関節内側支持機構の主役をなし、ACLとともに膝関節の機能を司るうえで最も重要な支持機構の1つである。

MCL損傷は、Grade-1, 2を入れると膝関節靱帯

損傷中最も頻度が高いが、他の動的、静的支持機構の代償を得やすく、自覚症状が比較的少ないので看過されがちである。しかし損傷が高度となると、外反不安定性、AMRIが出現し内側半月板にshearing stressを負荷し、2次性半月板損傷を惹起しやすい。

内側支持機構は、固有靱帯(MCL)と関節包靱帯からなり、後者は内側半月板に密に付着し、前方1/3は薄く膝蓋支帯によって覆われている。中央1/3は比較的厚くMCLの深層と呼ばれ、その表層にはMCLの前縦走線維(浅層ALF)が走行する。

MCLが最も緊張する膝関節最大伸展位では、前縦走線維は大腿骨内側上顆に約20 mmの長さをもって、末梢束は胫骨関節面から30 mm下方から約30 mmの長さをもって胫骨内側顆下方部に付着する。全長は100～120 mm、幅は13～15 mmである。後方1/3の関節包靱帯は肥厚し後斜走線維となり半膜様筋およびそのaponeurosisと腓腹筋内側頭により動的に補強されている。

ALFは膝関節伸展位から深屈曲位までの全可動域にわたり緊張性を保つ。そのmechanismは、膝関節が屈曲60°を超えるとALFが後方にslideし、弛緩する線維を大腿骨内側上顆に巻き取られるように中枢側付着部が回転することによって緊張性が保たれている(Fig. 5a, b)。

MCLは常に緊張性を保つこと、膝関節には外側から関節を外反させる外力が加わりやすいことなどにより損傷を受けやすい。

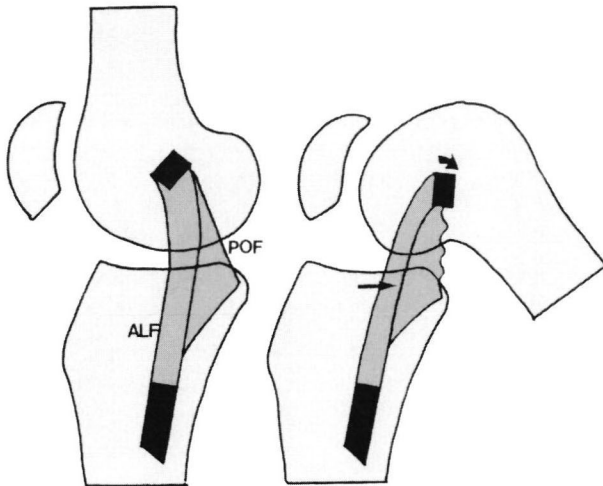


Fig. 5a 膝関節内側支持機構。

前縦走線維は膝関節伸展位で最も緊張する。屈曲とともに線維は後方にslideし、大腿側付着部が線維を巻きとるように回転することにより全可動域における緊張を維持する。

ALF：前縦走線維、POF：後斜走線維。

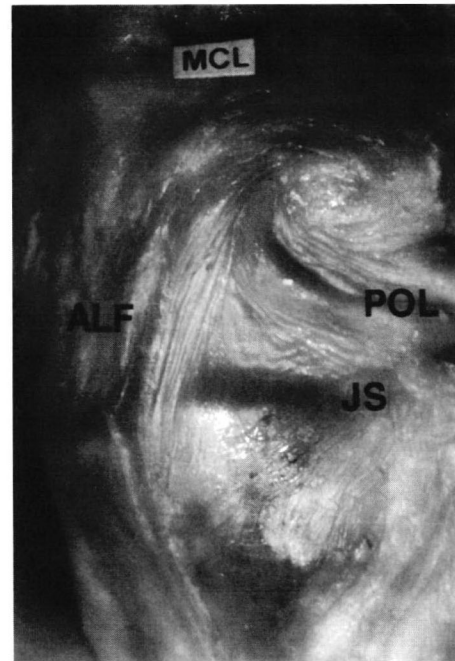


Fig. 5b 膝関節内側支持機構(前縦走線維と後斜走線維)。

ALF：前縦走線維、POL：後斜走線維、JS：関節裂隙。

### (3) 外側、後外側支持機構

膝関節の後外側支持機構は、狭義の外側支持機構である外側側副靱帯(LCL)と狭義の後外側支持機構を含むことが多い。

後外側の静的支持機構は、外側側副靱帯(LCL)、外側関節包および後外側支持機構(PLS)またはpostero-lateral cornerと呼ばれる弓状靱帯(arcuate ligament: AL), fabello-fibular ligament(FFL), popliteo-fibular ligament(PFL, popliteo-fibular fiber: PFF, popliteo-fibular complex: PFCとも呼ばれる)などから構成される。LCLは膝関節内、外反中間位では、膝関節伸展位から軽度屈曲位の間で緊張するに過ぎないが、内反stress下では、関節包や大腿二頭筋腱がLCLの外方変位を抑え、大腿骨付着部が回転して前方線維の緊張性を高め、膝関節の全可動域を通して緊張を保ち膝関節の内反を制御する。

狭義の後外側支持機構としてAL, FFLの重要性が強調されてきた。しかし、われわれの機能解剖学的研究によると、AL(高率に欠損した存在しても紙様に薄く、関節支持機能は期待できない)、FFLが膝関節後外側の安定性に関与することは少なく、膝窩筋腱中枢部と胫骨を結ぶ強靱な線維束である

PFLが後外側の安定性に重要な役割を果たしていると考えられる。したがって後外側静的支持機構のkeyとなるのはLCLとPFLであるといえよう。

膝関節外側の動的支持機構は、大腿二頭筋(腱)、膝窩筋(腱)、腓腹筋内側頭そして半ば静的な腸脛靱帯からなる。

大腿二頭筋(腱)は、膝関節屈筋、下腿外旋筋で、短頭は大腿骨粗線、長頭は坐骨結節に起始し両者は末梢で合して腱となる。末梢の付着部は3層に分かれ、浅層はLCLの外側で腓骨頭に付着し、下腿筋膜に線維の一部を送る。中間層はLCLを取り囲むようにsleeve状に腓骨頭に付着する。深層は2つに分かれ、一部はLCLの内側で腓骨頭に、一部は胫骨のGerdy結節付近まで線維結合を送る。

膝窩筋(腱)は、胫骨後内側に起始し外側関節裂隙の後外側で外側半月板と関節包の間の膝窩筋腱溝を通過して、膝関節腔内を通過して、大腿骨外側上顆のLCL付着部のやや下方に付着する。この筋は主に膝関節が完全伸展位から屈曲する際に作用する。すなわち膝関節不動結合位をunlockする際に大腿骨顆部を外旋させるとともに、膝関節全可動域にわたっ



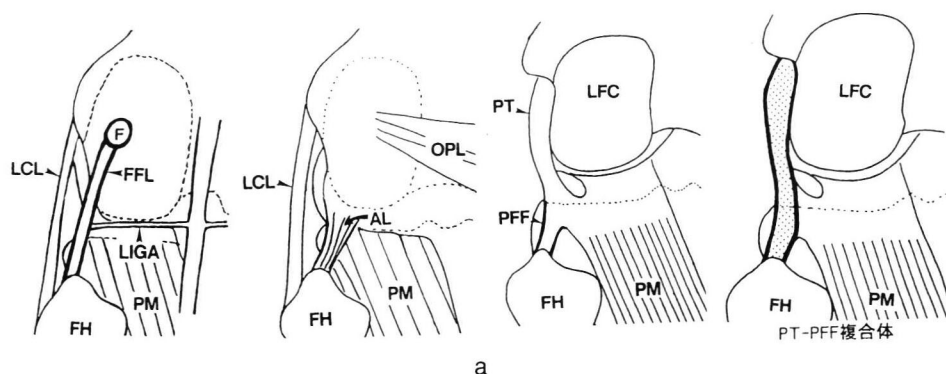


Fig. 6 膝関節後外側支持機構<sup>32)</sup>.

LCL : 外側側副靱帯, F : fabella, FFL : fabello-fibular ligament, PT : 膝窩筋腱, PM : 膝窩筋, LFC : 大腿骨外側顆, FH : 腓骨頭.

て緊張性を保ち、下腿の外旋を制御する機能を有する。さらに外側半月板の後縁に線維を送ることによって外側半月板を安定化すると同時に膝関節屈曲時に外側半月板を後方に引き、膝関節の屈曲運動を円滑にしている。

腸脛靱帯は中央は大腿筋膜張筋より、一部は中殿筋筋膜から連続しているが、大腿部下中1/3高位で大腿外側筋膜中隔として大腿骨外側粗線線維を送り結合しているので、膝関節伸筋としての機能は少なく、むしろ静的支持機構としての役割が大きい。末梢は骨外側顆前方にあるGerdy結節に付着している。

とくに主要靱帯の複合損傷による関節不安定性は、複雑な病態を呈する。たとえば複数の靱帯が損傷した場合には、単にそれぞれの靱帯による不安定性の和が生じるのではなく、一方向性の不安定性(one direction instability)に回旋不安定性(rotatory instability)が合併するためきわめて複雑化し、診断は困難となることが多い。

#### 4. 靱帯損傷の診断法

膝関節靱帯損傷の診断は基本的にはstressを多方向性に、強弱をつけて付加することができる徒手検査で行われる。各種補助診断法はもちろん有用で、

徒手検査と組み合わせて利用される。

##### (1) 徒手検査

徒手検査による靱帯損傷の診断は、その靱帯の制御方向に徒手で胫骨にstressを加え、大腿骨に対する胫骨の異常な変位(移動)の有無によって判定する。正常膝関節には生理的なアソビの動きがあり、stressを加えるとある程度変位した後はそれ以上は変位しない。この変位が停止した点をend pointと呼ぶ。

靱帯損傷が不全断裂で連続性が残存している場合、2次制御機構が機能した場合、完全断裂であっても断端部が他の部位に癒着している場合などではend point(pseudo-end point)が存在することに留意する必要がある。

複合靱帯損傷による関節不安定性は、回旋不安定性を中心とした複合不安定性となるので最終的には徒手検査により診断することが多い。徒手検査により回旋不安定性を正しく把握するためには、ある程度の習熟を要する。

##### (2) 単純X線写真

単純X線写真で最も情報となるのは剥離骨折所見である。胫骨外側顆の外縁で関節面高位またはその直下に遊離する関節包付着部からの小さい剥離骨片



(Segond骨折)は回旋外力によるACL損傷を、胫骨後顆の剥離骨折はPCL損傷を、大腿骨内側上顆の剥離骨折はMCL前縦走線維骨付着部損傷を示唆している。

過去にスポーツ外傷と関節血腫の既往があり、胫骨内側顆間結節の先鋭化を認めたら、陳旧性ACL損傷を考える。また関節裂隙の狭小化、軟骨下骨の硬化、骨棘形成などの変形性関節症変化により関節軟骨、半月板の変性、損傷の合併を知ることができる。

### (3) Stress X線写真

近年利用することは少なくなったが、複合靱帯損傷の補助診断法としてstress X線写真からきわめて多くの情報を得ることができる。前方、後方不安定性が合併しているときに、どちらの不安定性が優位かということは、中間位の設定が困難なため、徒手検査、knee arthrometerなどでは判定しにくいことが多い。Stress X線写真における前方変位量、後方変位量は中点計測法(村瀬)により半定量的に判定することができる。また外側(内反)不安定性は、内側(外反)不安定性と異なり診察上看過されがちであるが、stress X線写真により診断は容易となる。

### (4) MRI

患者に侵襲を与えないMRIは、膝関節靱帯損傷の診断に最も利用される補助診断法となり、かつて盛んに行われた関節造影法にとって代わったといえる。MRIは靱帯損傷の有無だけではなく、損傷の部位、程度、質など実質内の状態まで診断することができるばかりではなく、その治癒過程まで知ることができる。さらに合併する半月板、骨(bone bruise)、ときには関節軟骨の損傷を診断することが可能である。

### (5) 関節造影

MRIが普及した現在、利用される頻度はきわめて低くなったが、stress下関節造影法は複合靱帯損傷・半月板損傷の診断に有用である。外反stress下関節造影像の内側関節裂隙の開大度を計測することにより、半定量的にMCL単独損傷、ACL(PCL)+MCL複合損傷、ACL+PCL+MCL複合損傷を診断

することができる(今井)。また内側半月板の変位度からMCL前縦走線維の損傷部位、程度の判定が可能である。

### (6) Knee arthrometer

いろいろな膝関節不安定性測定器(knee arthrometer)が開発され、動的前外側回旋不安定性(jerk(弾発)現象)を捕らえるものもあるが、現在本邦で最も普及しているのは、大腿骨顆部前面(正確には膝蓋骨前面)を基準とする胫骨粗面部の前後移動距離(one direction)を計測するKT1000/2000である。使用法に習熟すると再現性はきわめてよく、とくにKT2000はforce-displacement curveを描くrecorderが付いているので、そのcurveから靱帯のstiffnessを読みとることができる。このforce-displacement curveのpatternを分類し、損傷ACLの細かい病態を診断も可能である(松本)。さらに靱帯損傷の診断のみならず再建靱帯(ACL)の力学的特性を知ることにも可能である(Fig. 7)。

### (7) 関節鏡

膝関節内病変を観察するには関節鏡が最も有用であるが、手術操作を要するという欠点がある。ただし損傷ACL、PCLに連続性がある場合には、肢位によりそれらの靱帯が緊張しあたかも正常のようにみえることがあるので、膝関節を動かしながら十分にprobingを行うなどの注意が必要である。また再建靱帯の評価も可能である。

一方関節外靱帯の診断は不可能である。

関節鏡は膝関節内の病態を観察すると同時に、ACL、PCL損傷の場合は、断端部を整復することにより1次修復の可能性を大きくすることができる。

## 5. 靱帯損傷診断の実際

### (1) ACL損傷

ACLが損傷すると胫骨が大腿骨に対して前方に逸脱する不安定性をもたらす。通常この不安定性は、前方引き出し徴候(Lachman sign, anterior drawer sign: ADS)と呼ばれる大腿骨に対して胫骨を前方に引き出すstress testによって示される。ACL損傷が最も大きい機能障害をもたらす不安定性は、臨床

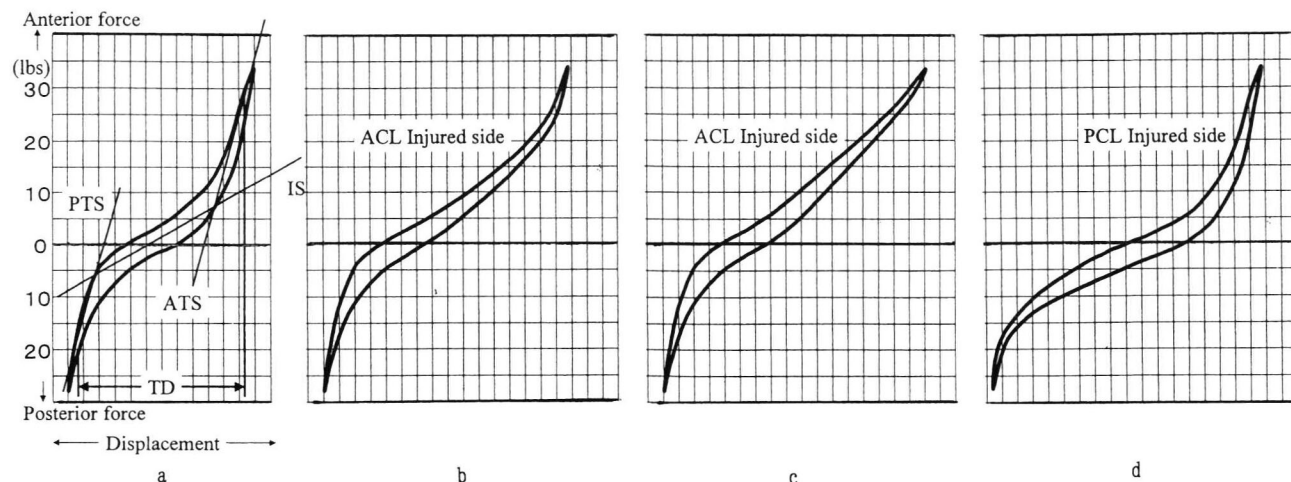


Fig. 7 KT2000 による force-displacement curve<sup>23)</sup>.

a : 正常 force-displacement curve における不安定度と stiffness による 4 つの parameter.

TD : total displacement, IS : initial stiffness, ATS : anterior terminal stiffness, PTS : posterior terminal stiffness.

b : ACL 損傷 (Group-2A). ACL remnant が連続性を有している. TD は大きい, ATS はほぼ正常に保たれている.

c : ACL 損傷 (Group-2B). ACL の連続性が完全に失われる. TD は大きく, ATS は低下する.

d : PCL 損傷 (Group-3).

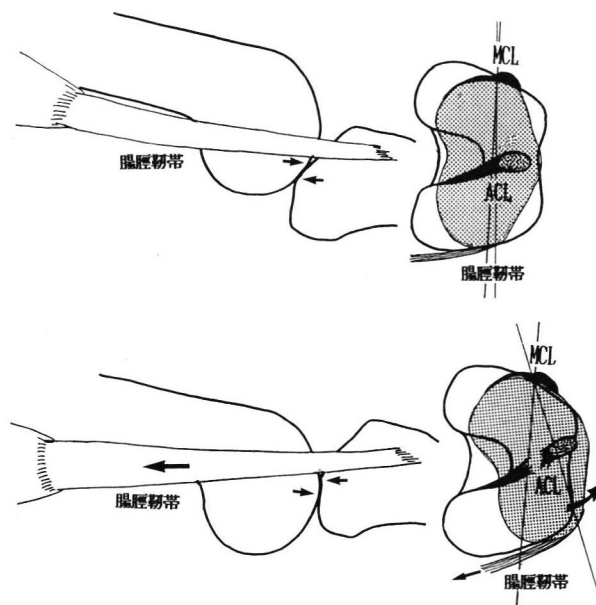


Fig. 8 動的の前外側回旋不安定性 (jerk test).

的に jerk test, lateral pivot-shift test, N-test などで再現される動的の前外側回旋不安定性 (dynamic ALRI) である. この回旋不安定性の発生 mechanism は, 膝関節が屈曲  $30^\circ$  から完全伸展する際に, 球状の大腿骨顆部は凸面を形成しながら後方へ傾斜する脛骨外側関節面を前方へ押し出そうとするが, ACL が脛骨外側顆の前方逸脱を制御している. ACL 損傷があっても関節面形態 (geometry), 腸脛靱帯, 関節包靱帯などが secondary restraints として機能はする. 膝関節は外側に比して内側は MCL が常に緊張しているので, 脛骨内側顆の異常な前方移動量は外側に比較してはるかに小さい. したがって外力が secondary restraints の制御力を超えると, 骨外側顆は MCL を軸として内旋するように前方に亜脱臼する (ALRI). 中枢側が筋である腸脛靱帯は弾力性があるので, 大腿骨外側顆が脛骨外側顆の凸部を乗り越えるときに弾発現象を伴う. これが患者が著しい不安を伴った不安定感を訴える jerk 現象 (dynamic ALRI) である (松本). 膝関節が完全伸展から屈曲する場合にはこの逆の現象が起こる (Fig. 8).

このjerk現象が再現されればACL損傷は確定する。

## (2) PCL損傷

PCL損傷が起こると、骨は大腿骨に対して後方に逸脱する不安定性を示す。後方不安定性は90°屈曲位で最も顕著となるので、90°屈曲位における胫骨粗面の後方落ち込み徴候 (posterior sagging)、後方押し込み徴候 (posterior drawer sign : PDS) で診断される。ただし膝関節を90°屈曲位に置くと、下腿の自重によりすでにposterior saggingが起きているので、その状態で前後不安定性を徒手検査すると、後方不安定性を誤ってADSと判定することがあるので注意を要する。軽度屈曲位における後方押し込み徴候 (reverse Lachman sign) はACL損傷におけるLachman signほど陽性にはなりにくい。これは前方と後方における関節包 (靱帯) の解剖学的構造の相違によるもので、PCLが完全に損傷していてもいわゆるend pointが存在することが多い理由である。

PCL単独損傷ではACL損傷と異なり回旋不安定性は軽度のことが多い。したがってPCL単独損傷はACL損傷におけるほど自覚的に機能障害を訴えることは少ない。高度の後外側回旋不安定性 (PLRI) がみられる場合には、後外側支持機構 (postero-lateral structure : PLS) 損傷を合併していると考えてよい。PCL単独損傷とPCL + PLSは混同されがちであるが、その病態、機能障害は著しく異なる。

## (3) 内側、外側支持機構損傷

MCL, LCL損傷は、膝関節伸展位および軽度 (20°~30°) 屈曲位における外、内反不安定性により診断される。伸展位でこの徒手検査が陽性の場合には、通常end pointが失われており (Grade-3損傷)、十字靱帯損傷を合併していると考えてよい。

## (4) ACL + MCL損傷

MCL損傷がGrade-1, 2では、膝関節30°屈曲位における外反不安定性は増大するものの、回旋不安定性はACL単独損傷における不安定性と大きな相違はない。しかしMCL損傷がGrade-3では外反不安定性は膝関節伸展位、30°屈曲位ともに著明でend pointはみられない。ADT (anterior drawer test)

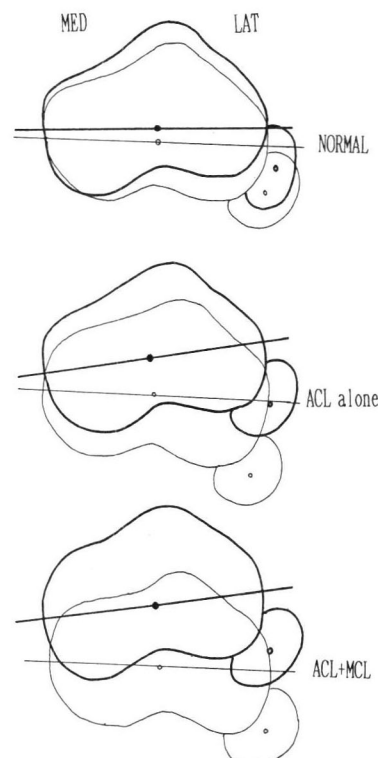


Fig. 9 ACL/ACL + MCL 損傷の前方不安定性<sup>16~18)</sup>。

では、ACL単独損傷に比較して胫骨の前方変位量は2倍以上となるが、胫骨の内旋は起こらない。これはMCLによる胫骨の前方移動の制御が機能せず、胫骨外側顆、内側顆が同程度に前方に変位するためである。胫骨外旋位におけるADT (ADS) は陽性となり、ときには胫骨内側顆が前方に亜脱臼することもある (Fig. 9)。MCL Grade-3損傷では、回旋軸が形成されないために、ACL単独損傷またはACL + MCL Grade-1, 2損傷に特徴的な動的な前外側回旋不安定性を再現するjerk test/N-test/lateral pivot-shift testでは、骨の前方変位はより大きくなるがjerk (弾発) 現象を伴わない。

最近では、侵襲を伴わないMRIが普及したため、関節造影を適応することがきわめて少なくなったことは前述したが、stress下に撮影する関節造影は、上位 (半月板より中枢側) MCL損傷、下位 (半月板より末梢側) 損傷、または全損傷など損傷の部位、程度を詳細に判定することを可能にする。とくにMCL下位損傷型では、半月板の胫骨付着部が中枢側に強く牽引されるので、付着部付近の損傷の合併

に注意する必要がある。

[参考] MCL Grade-3損傷に対する治療に関しては、保存療法でよいという意見と、手術療法を要するという意見があり、いまだcontroversialである。本邦では保存療法でよいという北米の流れをくみ一部を除いては、長い間保存療法が行われてきた。われわれはMCL Grade-3損傷はほとんどの症例がACL, PCLまたはその両者の損傷が合併しており、十字靱帯の再建のみでは内側(外反)不安定性が残存することから、手術療法の必要性を認め、新鮮例では1次修復術を、陳旧例では再建術または修復補強術を行ってきた。しかしMCL再建術はsubstituteの骨固定部位(isometric point)の決定が難しく、ACL/PCLのそれより慎重を要する。

自験例から、ACL + MCL Grade-3損傷では、ACLの再建のみでは内側(外反)不安定性を制御することはできない。

#### (5) ACL + LCL 損傷

ACL + LCL 複合損傷は頻度は少ないが、通常の臨床では看過される程度のLCL不全損傷は、stress X線写真によると、外来診療でACL単独損傷と診断された自験例の17.8%に認められる。

徒手検査では前方不安定性、外側(内反)不安定性、動的内外側回旋不安定性が陽性となる。腸脛靱帯損傷を伴わない場合には、内旋位ADT(ADS)は陰性となる。

[参考] ACL + LCL(完全断裂)における外側(内反)不安定性はACL再建術のみでは制御できないのはACL + MCL Grade-3損傷の場合と同様である。LCLは(後)外側支持機構のなかでkeyとなる靱帯である。

#### (6) ACL + PCL(+MCL/LCL)

ACL + PCL 複合損傷は、膝関節の中間位(neutral position)を得にくいので、徒手検査上診断が困難なことがある。膝関節軽度屈曲位では前方不安定性が優位となる。Reverse Lachman testはPCL完全断裂例でもLachman testほど著明ではない。

損傷PCLはACL損傷と異なり連続性が保たれることが多いこと、後方stress下では後方関節包が緊張することによりend pointが存在することが多い。

ACL, PCLの断端同士が癒着すると不安定性は非典型的となる。Stress X線写真あるいは術中確定診断を行ったACL + PCLを含む複合靱帯損傷自験例73例中、術前徒手検査でACL + PCL損傷と診断したものは75.3%、ACL損傷dominantと診断したものは8.2%、PCL損傷dominantと診断したものは16.4%であった。ACL + PCL複合靱帯損傷であるにもかかわらず、徒手検査ではPCL損傷dominantと診断された原因の多くは、ACLの断端がPCLまたは大腿骨顆間部へ癒着し前方不安定性がmaskされるためである。

一方、対象症例は異なるが、徒手検査でACL単独損傷と診断した症例のうち、不顕性PCL損傷を合併していたものは15%あった。PCL単独損傷と診断される例のなかに、無症候性に経過する例と、不安定感を執拗に訴える例があるが、後者の原因の一部にはACL不全損傷の合併が看過されている場合、後外側支持機構損傷を合併しているにもかかわらずPCL単独損傷と診断されている場合がある。この場合はとくに動的内外側回旋不安定性(jerk現象)の存在を十分に検索することが肝要である。Jerk testがglide陽性であっても検索された場合はACL損傷と診断してよい。

ACL + PCL + Grade-3 MCL 複合損傷では内側(外反)動揺性は高度で、回旋軸が失われるためにjerk現象を伴った動的内外側回旋不安定性はみられず、著しい前方不安定性、後方不安定性が出現する。一方ACL + PCLを含んだ重度の複合靱帯損傷でもMCL損傷を合併していないか、合併していてもGrade-1, 2の場合には、動的内外側回旋不安定性は陽性となる。

#### (7) PCL + 後外側支持機構損傷

PCL + 後外側支持機構複合損傷がしばしばPCL単独損傷と診断されていることがある。

後外側支持機構のkeyとなるのは、LCLと90%に存在するpopliteal tendonとpopliteal tendonと腓骨頭を結ぶpopliteo-fibular fiber(ligament)からなるPT-PFF complexである。通常の教科書で強調されることの多い弓状靱帯(arcuate ligament)はvariationが多く、35%に欠損があること、存在しても細く薄いことが多いことから、実際には重要性はあま

りない。

PCL単独損傷では、後外側回旋不安定性は生じないが、後外側支持機構損傷が複合すると後外側回旋不安定性が合併し、それが顕性になると患者が著しい不安定性を訴えるようになる。この複合靱帯損傷に対して、PCL単独損傷の診断のもとにPCLを再建しても愁訴は改善しない。前述のごとくPCL単独損傷と診断される例のなかに、ほとんど愁訴のない例と、手術を希望するような愁訴がある例があるが、両者の相違は後外側支持機構損傷の合併の有無が関与していることが多い。

〔参考〕後外側回旋不安定性に対して胫骨高位骨切り術を行い、geometryにより不安定性を制御しようとする方法が報告された。しかしgeometryによる安定性の確保は、その部位に過剰な力学的負荷がかかり変形性変化の発生は必須である。靱帯性支持機構の損傷による不安定性は靱帯により解決すべきである。

〔参考〕膝関節脱臼と重度の複合靱帯損傷は同一病態と考えられることが多い。たしかに重度の複合靱帯損傷は、受傷時には大腿骨と胫骨の解剖学的位置関係は一時的に失われるが、外力が去った後は異常なstressが加わらないかぎり解剖学的位置はほぼ保たれる。一方関節脱臼は外力が去った後も脱臼位にある。両者は関節包、関節包靱帯、筋などの関節周囲組織の損傷程度に大きな相違がある。脱臼は保存療法で関節周囲組織の癒着性修復(拘縮)により比較的よく関節の安定性が得られるにもかかわらず(運動軌跡は非生理的となるが)、重度複合靱帯損傷は保存療法では安定性が得られない理由がここにある。したがって両者は同一病態と考えずに治療を行うべきである。

## まとめ

近年、膝関節靱帯損傷に複合不安定性である回旋不安定性の概念が導入され、靱帯損傷による膝関節の不安定性の複雑さが解明されつつある。膝関節における生理的回旋運動の軸は主として靱帯によって形成され、靱帯が損傷されると正常の回旋軸が失われ大きな機能障害を伴う不安定性が生じる。すなわち大きな機能障害をもたらす膝関節不安定性は一平

面上のone-directionの不安定性ではなく回旋不安定性であるといえる。この回旋不安定性は十字靱帯損傷または十字靱帯を含んだ複合靱帯損傷で生じることが多い。

また靱帯損傷には完全断裂から、臨床的には把握できない不全断裂まで組み合わされるので、とくに複合靱帯損傷の診断には各靱帯の制御機能の理解を基に、単純X線写真、stress X線写真、関節造影、MRIなどの画像所見、knee arthrometer、関節鏡所見を補助診断法とし、きめ細かい徒手検査を行うことが重要である。最終診断は徒手検査にゆだねられることが少なくない。

(本論文は、第26回日本整形外科スポーツ医学会学術集会における教育研修講演をまとめたものである。したがって内容は、参考文献2)～10)などに既に発表されているものと重複している点がある)

## 文 献

- 1) Douglas LG et al : The role of the postero-lateral and cruciate ligaments in the stability of the human knee. J Bone Joint Surg, 69-A : 233-242, 1987.
- 2) 富士川恭輔ほか：膝関節重度複合靱帯損傷の治療。臨整外，22：1065-1072, 1987.
- 3) 富士川恭輔ほか：膝関節靱帯のバイオメカニクス。In：丹羽滋郎，編。臨床Visual Mook No 13 膝内障。全日本病院出版会，東京：123-133, 1988.
- 4) 富士川恭輔ほか：内側側副靱帯損傷の診断と治療。In：守屋秀繁，編。膝関節靱帯損傷マニュアル。全日本病院出版会，東京：44-53, 1991.
- 5) 富士川恭輔ほか：膝関節外側支持機構。整形外科，46：1055-1060, 1995.
- 6) 富士川恭輔ほか：膝関節靱帯の機能解剖と不安定性の病態。整・災外，39：371-380, 1996.
- 7) 富士川恭輔ほか：膝関節造影法。関節外科，15：140-149, 1996.
- 8) 富士川恭輔ほか：膝関節のバイオメカニクス。関節外科，310-319, 1997.



- 9) 富士川恭輔ほか：膝関節複合靱帯損傷の病態．骨・関節・靱帯，10：807-816，1997．
- 10) 富士川恭輔ほか：膝複合靱帯損傷の診断．臨整外，36：703-710，2001．
- 11) Grigs FG et al : The cruciate ligament of the knee joint : anatomical, functional and experimental analysis. Clin Orthop, 106 : 216-236, 1975.
- 12) Hughston JC et al : Classification of the knee ligament instabilities. Part-1 The medial compartment and cruciate ligaments. J Bone Joint Surg, 58-A : 159-172, 1976.
- 13) Hughston JC et al : Classification of the knee ligament instabilities. Part-2 The lateral compartment. J Bone Joint Surg, 58-A : 173-179, 1976.
- 14) Hughston JC (伊勢亀富士朗訳)：膝関節靱帯性不安定性の診断とその分類—10年間を振り返って—．臨整外，22：23-28，1987．
- 15) 伊勢亀富士朗：膝関節複合靱帯損傷の治療の変遷．骨・関節・靱帯，10：797-804，1997．
- 16) 栗村 誠ほか：前十字靱帯損傷膝における前方引き出し時の胫骨回旋について．中部整災誌，36：1433-1434，1993．
- 17) 栗村 誠ほか：関節内ACL単独再建術及び関節内ACL再建術＋関節外制動術後の前方引き出し時の下腿回旋について．中部整災誌，39：197-198，1996．
- 18) 栗村 誠ほか：正常膝における胫骨の回旋が胫骨前方変位量に及ぼす影響．東京膝関節学会誌，18：153-155，1997．
- 19) Marshall JL et al : Knee ligament injuries : a diagnostic and therapeutic approach. Orthop Clin North Am, 8 : 641-648, 1977.
- 20) Matsumoto H : Mechanism of the pivot shift. J Bone Joint Surg, 72-B : 816-821, 1990.
- 21) 松本秀男ほか：膝関節生理的回旋運動の回旋軸について．中部整災誌，35：161-162，1992．
- 22) スポーツ外傷による膝関節前十字靱帯・後十字靱帯複合損傷の診断について．東京膝関節学会誌，17：108-110，1996．
- 23) Matsumoto H et al : The end-point and the remnant of the injured cruciate ligaments of the knee. The Knee, 6 : 43-47, 1999.
- 24) 水島 雄ほか：新鮮前十字靱帯損傷と外側支持機構損傷．整形外科，37：1565-1574，1986．
- 25) Muller G : The Knee. Springer-Verlag, Berlin, New York, 1983.
- 26) Nielsen S et al : Rotatory instability of cadaver knees after transection of collateral ligament and capsule. Arch Orthop Trauma Surg, 103 : 165-169, 1985.
- 27) Nielsen S et al : The static stabilizing function of the popliteal tendon. Arch Orthop Trauma Surg, 104 : 357-362, 1986.
- 28) Noyes FR et al : Posterior subluxation of the medial and lateral tibio-femoral compartments. Am J Sports Med, 21 : 407-414, 1993.
- 29) 須田康文ほか：膝外側支持機構の機能解剖学的研究 第1報 外側側副靱帯の形態について．中部整災誌，35：171-172，1992．
- 30) 須田康文ほか：膝外側支持機構の機能解剖学的研究 第2報 膝窩筋の形態について．中部整災誌，35：1589-1590，1992．
- 31) 須田康文ほか：膝外側支持機構の機能解剖学的研究 第4報 外側支持機構の形態について．中部整災誌，36：1411-1412，1993．
- 32) 須田康文ほか：膝関節後外側回旋不安定性の病態に関する生体力学的研究．東京膝関節学会誌，18：134-137，1998．
- 33) 須田康文ほか：膝関節後方引き出しテストに関する生体力学的研究．中部整災誌，42：895-896，1999．
- 34) 鳥巢岳彦ほか：膝関節の anteromedial-posterolateral instability. 日災会誌，33：146-152，1985．
- 35) Veltri DM et al : The role of the cruciate and posterolateral ligaments in stability of the knee. Am J Sports Med, 23 : 436-443, 1995.
- 36) Warren LF et al : The prime static stabilizer of the medial side of the knee. J Bone Joint Surg, 56-A : 665-674, 1974.

# Cervical Spinal Injuries caused by Sport Activities

## スポーツにおける頸椎・頸髄損傷

Kazumasa Ueyama

植山 和正

Seiko Harata

原田 征行

Akihiro Okada

岡田 晶博

Naoki Echigoya

越後谷直樹

Toru Yokoyama

横山 徹

### ● Key words

Cervical spinal injury : Magnetic resonance image : Sport activity

頸椎損傷, MRI, スポーツ活動

### ● Abstract

The purpose of this study was to investigate cervical spinal injuries caused by sport activities. Nineteen patients with a cervical spinal injury caused by sport activities were hospitalized in our department during the last twenty years. Sixteen were males and three were females. The average age in the males was 21.5 years, and in the females was 12.0 years. Most patients had sustained a hyperflexion injury during sport activities, such as rugby football, diving and gymnastics. Fourteen patients underwent an operation and none of these could return to their sport activities. The patients with Frankel A or B especially could not become independent despite surgical treatment. We recommend an MRI examination before starting sports activities, in particular contact sports, as a routine check for athletes who have ever felt numbness or dullness in their extremities.

### ● 要旨

過去20年間に当科に入院治療した, 19名のスポーツによる頸椎・頸髄損傷例を検討した. 男性16名, 女性3名で受傷時平均年齢は男性21.5歳, 女性12.0歳であった. 14名が手術療法を受け, 損傷前のスポーツに復帰したものはなかった. 多くが頸椎の過屈曲損傷で, ラグビーや飛び込み, 体操などでは軸圧や回旋が加わりさらに大きな障害となっていた. Frankel AやBとなった4例は, 手術的治療にもかかわらず回復せず, 致命的損傷といえる. 過去に四肢のしびれ, 脱力などの既往のあるものやコンタクトスポーツでは, メディカルチェックとしてMRI検査がすすめられるべきである.

植山和正

〒036-8216 弘前市在府町5  
弘前大学医学部整形外科教室  
TEL 0172-39-5083

Department of Orthopaedic Surgery,  
Hiroshima University School of Medicine

## Introduction

Spinal injury caused by sport activities results in both health and social loss. The incidence of a spinal cord injury in Japan was 40.2 per one million people a year, and 5.4 % of these had been caused by sport activities, according to a nationwide epidemiological survey from 1990 to 1992. Therefore, prevention of spinal injury is important and the timeliness of treatment affects prognosis. Here, we have reviewed our clinical cases of cervical spinal injuries caused by sport activities from the last twenty years.

## Materials and Methods

We reviewed nineteen patients hospitalized in our department during the last twenty years. There were sixteen males and three females. The average age on admission was 21.5 years (ranging from 12 to 68 years) in males, and 12.0 years (ranging from 9 to 18 years) in females. All but one patient were under thirty years of age. They had been injured during diving, gymnastics, mat exercises, skiing, rugby, handball, motorcycle riding, trampolining, judo, wrestling or sumo activities. We evaluated their neurological deficits according to the Frankel classification (Table 1)<sup>1)</sup> on admission and at discharge, and investigated the rate of return to former sport activity through follow-up in the outpatient clinic or by telephone interviews.

## Results (Table 2)

Fourteen patients received surgical treatment, including posterior fusion in seven cases, anterior fusion in four, and simultaneous anterior and posterior fusion in the other three. Five patients received conservative treatment, using halo-vest apparatus, Glisson's traction, or cervical collar. Four patients who had received surgery had sustained complete quadriplegia with Frankel A preoperatively, and their neurological impairment was not recovered by discharge. They could not live by themselves without helpers. These injuries to the middle or lower cervical spine had occurred during diving, rugby or gymnastic 'long-horse' activities. The mechanism of the injury was mainly due to over-flexion. According to our follow-up in the outpatient clinic and our telephone interviews, one patient with quadriplegia had died at 17 years after a diving injury, and there was no patient who had returned to prior sport activity, except to school mat exercise, even if they had suffered no neurological impairment.

Case 5 : A 23-year-old male handball player. In 1985, while playing handball, he collided with another player and contused his nape against the floor. He felt a click and severe pain in his nape but did not visit a hospital because he was a starting member for a regular league. At 5 weeks later, he visited our hospital with complaints of pain and limitation in the range of motion (ROM) of the neck. X-ray showed subluxation at C1/2 (Fig. 1). He received posterior fusion at C1/2 and recovered from the neck pain but still has some limitation in ROM. He did not return

Table 1 Frankel scale of motor and sensory function

---

A : Complete neurological injury: complete loss of motor and sensory function below the level of injury.
B : Preserved sensation only: motor function cannot be clinically detected.
C : Preserved voluntary motor function, but nonfunctional. Sensory function may or may not be preserved.
D : Preserved useful voluntary motor function.
E : Normal motor and sensory function, abnormal reflexes may remain.

---



Table 2 Summary of patient characteristics

Case	Age	Sex	Injury site	Sport	Treatment	Frankel scale
1	9	F	C1/2 fixation	Mat (school)	Traction	E → E
2	9	F	Os odontoideum	Mat (school)	PF	E → E
3	15	M	Dens fx	Trampoline	PF	E → E
4	16	M	Hangman fx	Rugby	Halo-vest	D → E
5	23	M	C1/2 sublux	Handball	PF	E → E
6	14	M	C2/3 sublux	Wrestling	PF	E → E
7	27	M	C3/4	Motorcycling	Traction	D → D
8	19	M	C3/4	Gymnastics	PF	A → B
9	18	M	C4/5	Gymnastics	AF & PF	D → E
10	21	M	C4/5	Rugby	AF & PF	A → A
11	68	M	C5 (neurinoma)	Skiing	PF	C → D
12	17	M	C5/6	Judo	AF & PF	C → E
13	22	M	C1, 5, 6 fx	Gymnastics	Halo-vest	E → E
14	15	M	C6	Diving	AF	A → A
15	12	M	C6	Diving	AF	A → A
16	20	M	C6	Diving	PF	D → D
17	16	M	C6	Skiing	PF	E → E
18	22	M	C6/7	Sumo	AF	D → E
19	18	F	C7	Mat	Collar	E → E

fx : fracture, sublux : subluxation, AF : anterior fusion, PF : posterior fusion

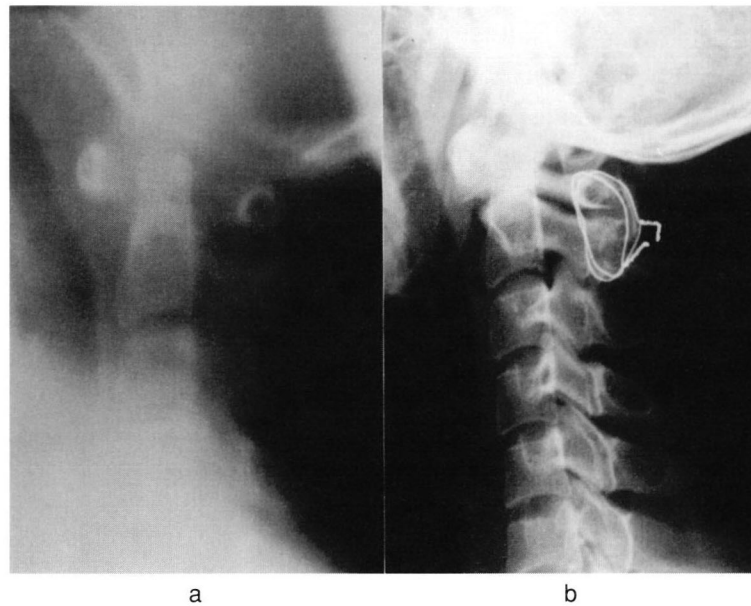


Fig. 1 Case 5 : C1/2 anterior subluxation.

a : A tomogram showed enlargement in the atlas-dens interval.

b : Posterior fusion using the Brooks method.

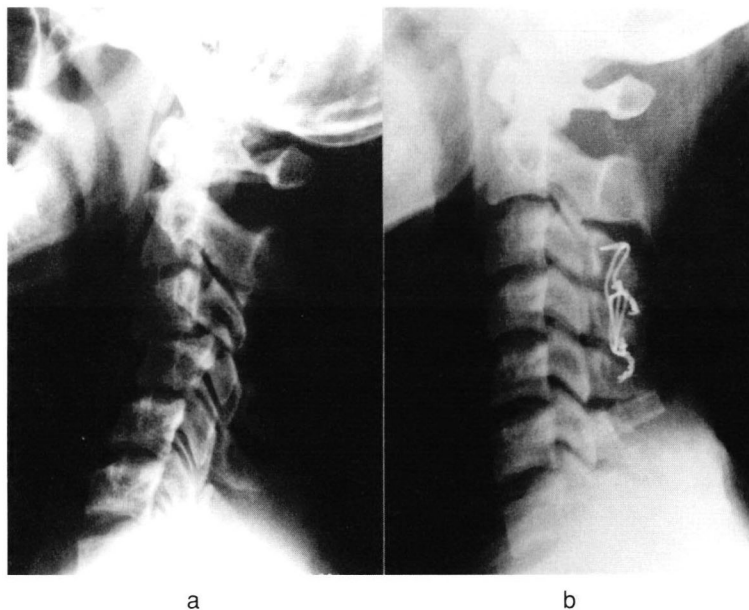


Fig. 2 Case 8.  
a : Fracture-dislocation at C3/4.  
b : Posterior reduction and fusion.

to being a handball player.

Case 8 : A 19-year-old male gymnast. In 1994, he fell to the floor from a height of three meters during gymnastic exercises on the 'long-horse'. Immediately he felt severe numbness in his upper and lower extremities. He sustained respiratory function failure at eight hours after hospitalization by ambulance. He received tracheotomy and was attached to an artificial respirator. At 2 weeks later, a posterior reduction and fusion operation was performed. He was introduced to our hospital to maintain his artificial respiration, and started his rehabilitation at six months after the injury, but his quadriplegia is still Frankel B (Fig. 2).

Case 10 : A 21-year-old male rugby player. In 1983, while participating in forming a scrum, his neck was forced to flexion when the scrum collapsed, and he sustained quadriplegia. Immediately he was admitted to a nearby hospital by ambulance and received direct skull traction. X-ray on admission showed bilateral facet dislocation at C4/5. Reduction was incomplete, and he was introduced to our hospi-

tal at one month later. A posterior reduction and anterior fusion operation was performed, but his neurological impairment did not recover (Fig. 3).

Case 18 : A 22-year-old male sumo wrestler. In 1993, while dashing exercise in sumo wrestling, he felt severe numbness in his forearms by hyperextension of his neck. At 6 months later, he could not play a sumo wrestling because of severe dullness in his low extremities. He was introduced to our hospital with complaints of numbness and dullness in his upper and lower extremities. MRI on admission showed disc herniation at C6/7. A discectomy and anterior fusion operation was performed at 8 months after an initial injury, but he gave up all hope of return to a sumo wrestler by reason of hyperreflexia in his lower extremities (Fig. 4).

## Discussion

According to a nationwide epidemiological survey from 1990 to 1992, the spinal cord injuries excluding Frankel E occurred during diving (21.6%), skiing

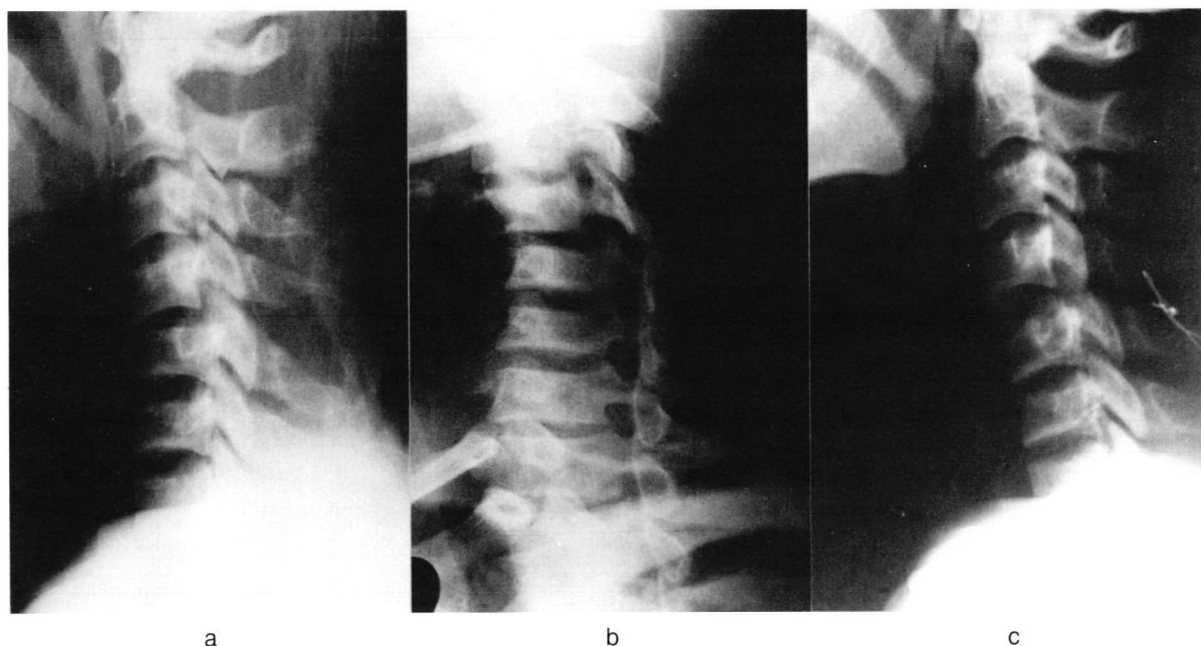


Fig. 3 Case 10 : Bilateral facet interlocking of the C4/5.  
a : C4 anterior subluxation and enlargement in the interspinous distance can be seen.  
b : Oblique view showed facet interlocking.  
c : Anterior fusion was performed following posterior reduction and wiring.

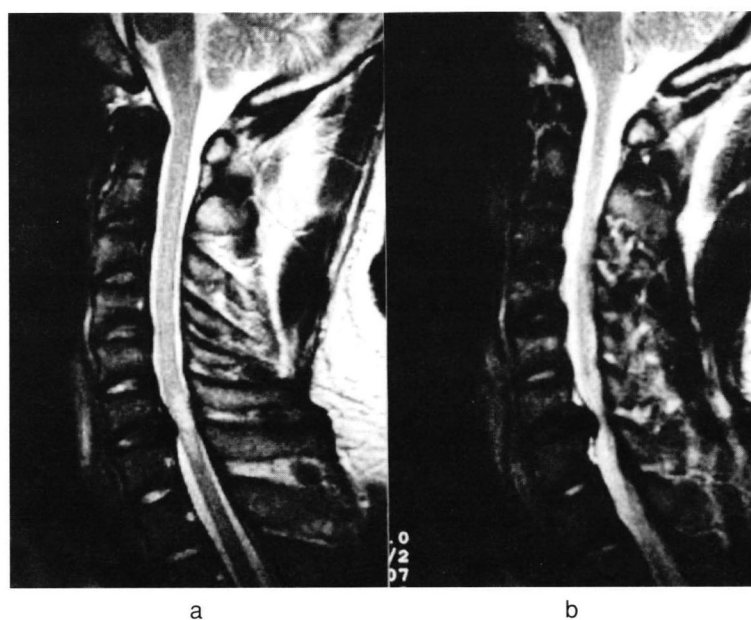


Fig. 4 Case 18 : Hyperextension injury.  
Sagittal T2W scan showed a high signal area of the spinal cord and disc herniation at C6/7.

(13.4 %), rugby (12.7 %), paragliding or hang gliding (7.0 %), close-contact sports, such as judo or wrestling (6.6 %), gymnastics (5.9 %), motorcycle riding (4.4 %), baseball (4.2 %) and others (24.2 %). The ratio of the number of injuries to the cervical spine to the number to the thoracic-lumbar-sacral spine was 62 : 38. The survey report highlighted the incidence of sport accidents in the young. Returning to sport activities is difficult following cervical spine injury. We had no patient able to return to prior sports, except to school mat exercise. Severe neurological impairment was caused by hyperflexion of the neck, that occurred for example in a collision when diving, in a collapse of a scrum, or in a fall. Simultaneous axial load and rotational force caused increased neurological impairment in our severe cases. Such accidents can be prevented to some degree by correct coaching and neck muscle training. Tsuyama et al<sup>2)</sup> recommended neck muscle training to prevent neck injury in contact sports. Especially heavyweight judo and sumo wrestlers should be concerned about neck muscle strength. Also we recommend MRI examination prior to engaging contact sports. Spinal canal stenosis, and disc degeneration, can be diagnosed using conventional radiographs (and are needed for Down's syndrome), while MRI may give more precise information for athletes who have had any history of neck pain, wryneck, or numbness or dullness in the extremities. In our series, intradural neurinoma in an elderly skier (Case 11) and cervical disc herniation in a sumo wrestler (Case 18) were revealed by MRI. Cantu et al<sup>3)</sup> stated that a normal canal size on lateral X-ray films did not preclude the possibility of functional spinal stenosis. For this reason, MRI, a myelogram, or contrast-enhanced CT is needed for detecting any functional spinal stenosis. MRI is convenient for outpatients. If suspected cervical spinal injury occurs, immediate transfer to hospital with neck immobilization is most important. The athlete should be admitted to the spine center immediately following a check of neurological conditions. Initial

treatment is a complete rest and high dose therapy with methylprednisolone is recently recommended instead of conventional steroid therapy. In our series, conventional steroid therapy was given to paralytic patients. Bracken et al<sup>4)</sup> reported that increased recovery of neurological function was seen at 6 weeks and at 6 months and continued to be observed 1 year after injury, in patients treated with methylprednisolone within eight hours following the injury. Ohtani et al<sup>5)</sup> also demonstrated that treatment with large doses of it was effective at the rate of 60 percentage, when the medication was given in the first eight hours after injury.

In the case of an unstable cervical spine, reduction and stabilization are performed as soon as possible. Rehabilitation is required in all cases following an operation.

## Conclusion

1. All nineteen patients with a cervical spinal injury caused by sport activities were studied, from the last twenty years.
2. Fourteen patients had received surgical treatment. The average age was 21.5 years (ranging from 12 to 68 years) in males, and 12.0 years (ranging from 9 to 18 years) in females.
3. Four patients had sustained complete quadriplegia in an accident during diving, rugby or gymnastic 'long-horse' activities.
4. No patients had returned to prior sport activity except to school mat exercise.
5. MRI is recommended for all athletes who have a history of any neurological abnormality in the extremities before engaging any contact sport.

## References

- 1) Frankel HL et al : The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *Paraplegia*, 7 : 179-192, 1969.

- 2) Tsuyama K et al : Study on the relationship between sport event and neck muscle strength. J Japanese Society of Clinical Sports Medicine, 7 : 159-167, 1999.
- 3) Cantu RV et al : Guidelines for return to contact sports after transient quadriplegia. J Neurosurg, 80 : 592-594, 1994.
- 4) Bracken MB et al : Methylpredonisolone or naloxane treatment after acute spinal cord injury; 1-year follow-up data. Results of the second national acute spinal cord injury study. J Neurosurg, 76 : 23-31, 1992.
- 5) Ohtani K et al : Beneficial effect of methylprednisolone sodium succinate in the treatment of acute spinal cord injury. Spine & Spinal Cord, 7 : 633-647, 1994.

# Swan-neck Deformity by Sports Injury : A Report of Three Cases

## スポーツ外傷による swan-neck 変形の3例

Sayaka Motojima  
Akiyoshi Saito

元島 清香<sup>1)</sup>  
斎藤 明義<sup>1)</sup>

Masahiro Nagaoka  
Junnosuke Ryu

長岡 正宏<sup>1)</sup>  
龍 順之助<sup>2)</sup>

### ● Key words

Swan-neck deformity : Sports injury : Swanson's procedure

Swan-neck 変形, スポーツ外傷, Swanson 法

### ● Abstract

Swan-neck deformity (SND) of the finger usually occurs in patients with rheumatoid arthritis, but sometimes occurs following injury. We have surgically treated 3 cases of SND caused by sports injury, and we report satisfactory outcomes in these 3 cases. All 3 patients were women, and they were injured while playing basketball, handball, and volleyball. Because their injured fingers gradually became deformed and painful, we performed surgical treatment using Swanson's method.

In cases of severe SND resulting from untreated hyperextensive injury of the PIP joint, normal articular function of the finger cannot be completely restored, even when surgical treatment is performed. Therefore, it is very important to make early diagnosis and perform early treatment.

### ● 要旨

Swan-neck 変形は慢性関節リウマチ患者に多くみられるが外傷後にも生じる。スポーツ外傷により生じた swan-neck 変形を3例経験したので報告する。

対象症例は全例女性で、受傷原因となったスポーツは、バスケットボール、ハンドボール、バレーボールであった。全例受傷時より8年以上経過しており、受傷当初は変形がないか軽度であったものが徐々に進行したため、Swanson 法による矯正術を行った。

PIP 関節の過伸展損傷などを放置し重度の swan-neck 変形を生じると手術的治療を行ってもまったく正常の指関節機能を再建することはできない。したがって早期の適切な診断、治療が非常に重要と思われた。

元島清香

〒101-8309 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

日本大学医学部附属駿河台病院整形外科

TEL 03-3293-1711

1) Department of Orthopaedic Surgery, Surugadai Hospital, Nihon University School of Medicine

2) Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University School of Medicine

## Introduction

Swan-neck deformity (SND) of the finger is a deformity in the proximal interphalangeal (PIP) joint in hyperextension with the distal interphalangeal (DIP) joint in a flexed position as a result from failure in the balance of the extensor mechanism. This deformity is usually observed in patients with rheumatoid arthritis, but sometimes occurs as a post-traumatic disorder. We have surgically treated 3 cases of SND caused by sports injury, and we herein report satisfactory outcomes in these 3 cases.

## Cases

**Case 1 :** A 51-year-old woman injured her left little finger in 1991, while playing basketball, but she first visited our department in January 1999, after the injured finger had gradually become deformed and painful. At this initial examination, she also reported that she had been a member of a softball team, but she was not able to swing with power.

The PIP joint hyperextended at 22 degrees and showed no active flexion, but passive flexion was pos-

sible at up to 90 degrees with slight assistance. The DIP was mobile in a range of 40–50 degrees (Fig. 1 a). The radiograph of the PIP joint showed a 16 degree ulnar deviation, and an arthritic change in the ulnar condyle (Fig. 1 b, c). The superficial flexor tendon was surgically fixed onto the proximal phalanx using Swanson's procedure while the PIP joint was placed in a 30 degree flexed position (Fig. 2). Since the radial collateral ligament was loosened, but not torn, tense ligation was performed on this ligament.

She was allowed to have active flexion exercising of the PIP joint at 2 weeks after the surgery, and she began to play softball at 3 months after the surgery with the affected finger taped. The range of motion at 1 year and 2 months after the surgery was 0 to 94 degrees in the PIP joint, and 20 to 84 degrees in the DIP joint, indicating correction of the SND (Fig. 3 a, b).

**Case 2 :** A 50-year-old woman injured her right little finger at 16 years of age while playing handball, which developed to become SND. This was left untreated until July 1998. When her right little finger was swollen and had developed a flexion disorder after gardening. She received surgery at a nearby

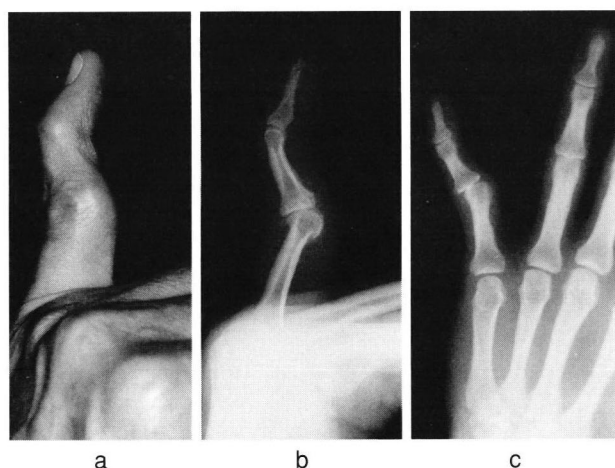


Fig. 1 Case 1 : Pre-operation.

(a) Lateral view of the left little finger, (b) plain X-ray of the lateral view, (c) plain X-ray of the A-P view.

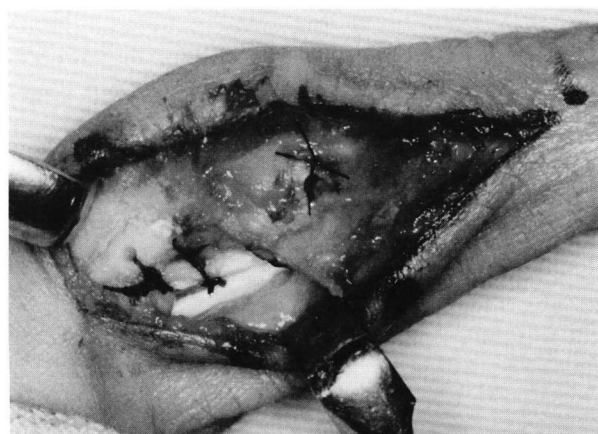


Fig. 2 Case 1 : During surgery.

The superficial flexor tendon was surgically fixed onto the proximal phalanx using Swanson's procedure while the PIP joint was placed in 30° flexion.



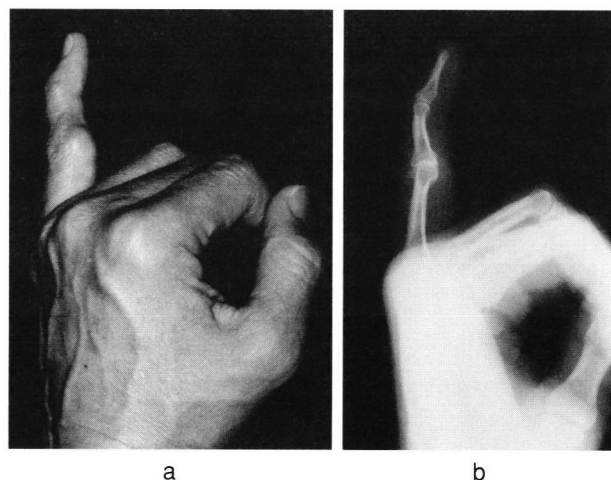


Fig. 3 Case 1 : Post-operation.  
(a) Left hand, (b) plain X-ray of the lateral view.

hospital based on the diagnosis of a snapping finger. Although the details of that surgery were not known, the affected finger, that had been actively mobile before surgery, was subsequently incapable of active flexion post-operatively, and she visited our hospital in September 1998 for the first time.

The PIP joint was hyperextended at 30 degrees and showed no active flexion, though passive flexion up to 44 degrees was possible. The DIP joint was fixed in a flexion of 60 degrees (Fig. 4 a, b, c). The finger was not painful, but interfered with her activities for daily living, so she underwent elective surgery. Since the extensor mechanism of the finger had severe adhesion due to the previous surgery, lateral band mobilization was performed to provide the PIP joint with flexion. The deformity was corrected with tenodesis (as in Case 1), though with a bone anchor for fixation. At 1 year after surgery, the SND had not recurred, and the range of motion had improved to 0–60 degrees in the PIP joint, and 0–54 degrees in the DIP joint, allowing active movement (Fig. 5 a, b, c).

**Case 3 :** A 47-year-old woman had injured her left little finger in 1989 while playing volleyball, and an osteopath immobilized the injured site for 2 months. After that, she began to play volleyball with the affect-

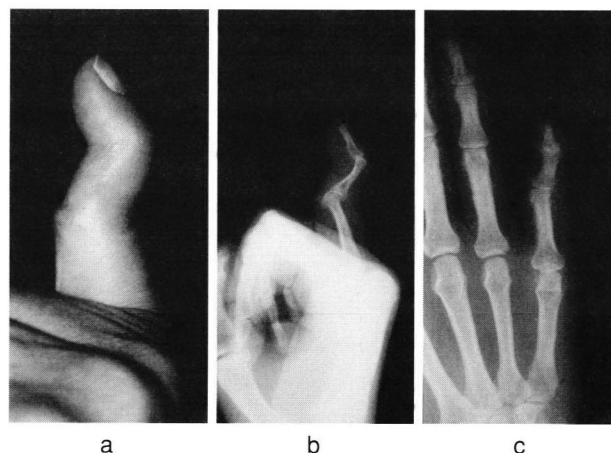


Fig. 4 Case 2 : Pre-operation.  
(a) Lateral view of the right little finger, (b) plain X-ray of the lateral view, (c) plain X-ray of the A-P view.

ed side taped. However, the left little finger gradually became painful and swollen, and she visited our hospital in September 1996.

Although the patient reported that she had had active movements in the PIP joint until 2 years previously, a fixed SND was observed in the left little finger at the initial examination, and the PIP joint could not be flexed from a hyperextended position of 10 degrees, even passively (Fig. 6 a, b). She underwent surgery in March 1997. An arch-shaped incision was made into the back of the finger to widely expose the PIP joint, but lateral band mobilization failed to flex the PIP joint. Therefore, a Z-type lengthening was performed on the central slip. Through this procedure, the PIP joint was able to flex, but easily hyperextended. Thus tenodesis was also performed (as in Cases 1 and 2). The range of motion was 30–74 degrees in the PIP joint, and 0–20 degrees in the DIP joint, at 9 months after the surgery, and the patient returned to playing volleyball although taping was required (Fig. 7 a, b, c).

## Discussion

Swan-neck deformity of the finger usually occurs in patients with rheumatoid arthritis or in hands with



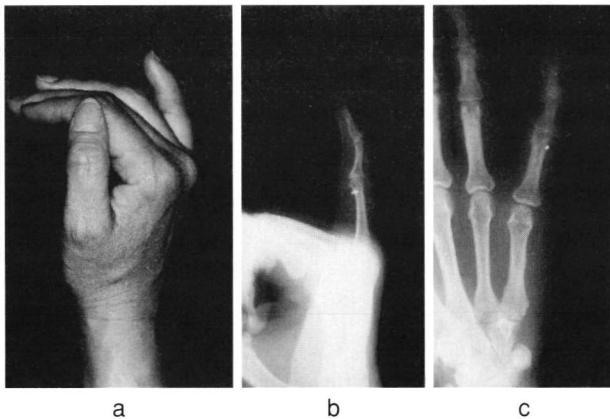


Fig. 5 Case 2 : Post-operation.

(a) Lateral view of the right little finger, (b) plain X-ray of the lateral view, (c) plain X-ray of the A-P view. In this case, anchor was used for fixation.

spastic paralysis, but sometimes occurs following injury<sup>1)</sup>.

Causes of traumatic swan-neck deformity may be classified into (1) a rupture in the terminal extensor tendon, such as Mallet deformity, (2) a palmar convex deformity caused by malunion of a middle phalanx fracture, and (3) a failure in palmar stability due to a volar plate injury, or a superficial flexor tendon injury<sup>2)</sup>.

In cases of severe SND, complete recovery cannot be expected from conservative therapy. If the affected PIP joint can perform active flexion, surgical treatment is rarely required, because the injury may not interfere with sports activities. However, surgical treatment is recommended in cases where the PIP joint has no active flexion and/or there is a progressive deformity.

As for treatment options, sufficient correction can usually be achieved through dermadesis in mild cases. Superficial flexor tenodesis is required in severe cases to prevent hyperextension in the PIP joint. When the PIP joint is destroyed, arthrodesis is required<sup>3)</sup>.

In 1992, Foucher et al reported the results of a follow-up study of 51 fingers with traumatic swan-neck deformity in 33 patients over a mean postoperative

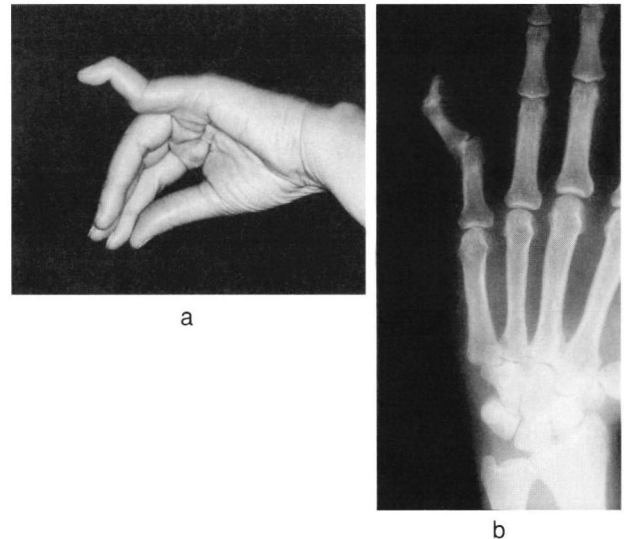


Fig. 6 Case 3 : Pre-operation.

(a) Lateral view of the left little finger, (b) plain X-ray of the A-P view.

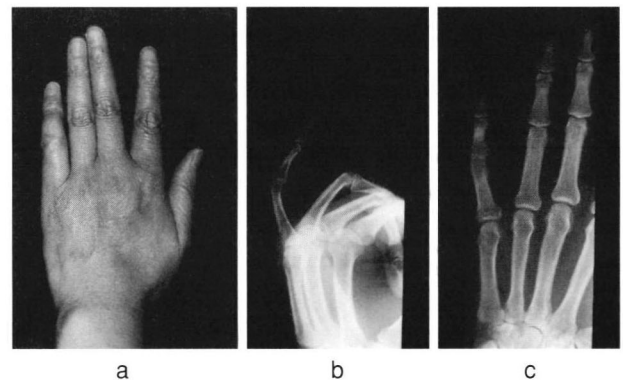


Fig. 7 Case 3 : Post-operation.

(a) The left hand, (b) plain X-ray of the lateral view, (c) plain X-ray of the A-P view.

period of 35 months. They used Littler's or Thompson's procedure for cases with no preoperative restriction in the range of motion, and the postoperative outcomes were evaluated as good or excellent in 75–82 % of them<sup>4)</sup>.

In our cases, we selected the Swanson's procedure, in which one side of the superficial flexor tendon is fixed onto the proximal phalanx, the procedure originally developed for the treatment of spastic hands (Fig. 8)<sup>5)</sup>. We selected this procedure

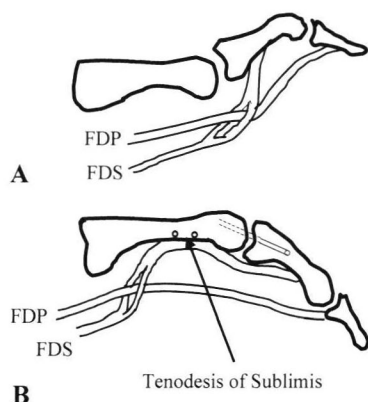


Fig. 8 Section A shows the swan-neck deformity. Section B shows tenodesis in the sublimis tendon with the tendon attached to the proximal phalanx by two sutures passed through two drill holes in the proximal phalanx.

because it maintains the strength of the profundus flexor tendon and offers sufficient power to prevent hyperextension of the PIP joint with an improved range of motion in the PIP and DIP joints. Furthermore, since the surgical procedure is not so complicated, patients are able to return to sports activities quickly. We applied this technique to the treatment of traumatic SND, and we have observed no recurrence of SND during a relatively long-term follow-up. This tenodesis was a method of maintaining a flexed position of the PIP joint. However, other surgical procedures were required to correct the deformity; namely, tense ligation of the radial collat-

eral ligament performed in Case 1, lateral band mobilization in Case 2, and Z-type lengthening of the central slip in Case 3, in addition to lateral band mobilization.

## Conclusion

In cases of severe SND resulting from untreated hyperextensive injury in the PIP joint, normal articular function of the finger cannot be completely restored, even after surgical treatment is performed. Therefore, it is very important to make early diagnosis and perform early treatment.

## References

- 1) Rizio L et al : Finger deformities in rheumatoid arthritis. *Hand Clin*, 12 : 531-540, 1996.
- 2) Mizuseki T : Swan neck deformity. *M B Orthop*, 9 : 1-8, 1996.
- 3) Swanson BA : Flexible implant arthroplasty for arthritic finger joints. *J Bone Joint Surg*, 54-A : 435-455, 1972.
- 4) Foucher G et al : Treatment of post-traumatic swan-neck deformities of the fingers : apropos of a series of 43 patients. *Chir Orthop Reparatrice*, 78 : 505-511, 1992.
- 5) Swanson BA et al : Surgery of the hand in cerebral palsy and the swan-neck deformity. *J Bone Joint Surg*, 42-A : 951-964, 1960.

# Injuries in Elite Skaters

## 一流スケート選手における傷害

Hiroya Sakai 酒井 宏哉<sup>1~3)</sup>

Yoshifusa Takao 高尾 良英<sup>1, 2, 4)</sup>

### ● Key words

Skater : Injury

スケート選手, 傷害

### ● Abstract

In order to know the characteristics of injuries in skaters, we have retrospectively investigated the injuries in 246 elite skaters recorded on their medical charts. Among these, 312 injuries were recorded, involving 170 skaters. These included 192 injuries to the lower extremity, 65 to the trunk, 41 to the upper extremity, and 14 to the head or neck. In figure skaters, 78 percent of the injuries involved the lower extremity with sprains and fractures in the ankle or foot, overuse disorders around the knee or ankle, and stress fractures being common. In speed skaters and in short-track speed skaters, approximately half the injuries were in the lower extremity, and also fairly high percentage were in the trunk or upper extremity. Skin lacerations were common in short-track speed skaters. Low-back pain was the most frequent overuse injury, especially in speed skaters and in short-track speed skaters.

### ● 要旨

スケート選手の傷害の特徴を知るために、246人の一流スケート選手のメディカルチェックの記録から過去の傷害を調べた。170人に312件の傷害があり、下肢に192件、体幹に65件、上肢に41件、頭頸部に14件あった。フィギュアスケート選手においては下肢の傷害が78%を占め、足関節、足部の捻挫や骨折、膝や足関節周辺の過労性障害、疲労骨折が多くみられた。スピードスケート選手とショートトラックスピードスケート選手では、下肢の傷害は約半数にとどまり、その分体幹や上肢の傷害が多かった。切創はショートトラックスピードスケート選手に多くみられた。腰痛は最も多い過労性障害で、とくにスピードスケート選手とショートトラックスピードスケート選手に多かった。

酒井宏哉

〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林880

獨協医科大学整形外科科学教室

TEL 0282-87-2161

1) Japan Skating Federation

2) Japanese Olympic Committee

3) Department of Orthopaedic Surgery, Dokkyo University School of Medicine

4) LIFE Institute of Health and Sports

## Introduction

There are some injuries that are known to be sport-specific. For example, baseball players commonly suffer from overuse injury in the shoulder or elbow, whereas soccer players have a high incidence of sustaining an acute injury in the knee. As staff of the Japan Skating Federation and the Japanese Olympic Committee (JOC), we have participated in a reinforcement project for preventing injury in skaters. To do that effectively, it was mandatory to know what kind of injury they frequently sustained. However, the characteristics of their injuries were not fully known, since only sporadic reports have been published<sup>1-6)</sup>. Moreover, those few reports investigated injuries only in figure skaters. There has been little information about speed skating or short-track speed skating injuries<sup>7)</sup>. The purpose of the present study was to discover the characteristics of injuries in skaters, including speed skaters and short-track speed skaters, as well as figure skaters.

## Materials and Methods

All those skaters who have received at least one medical check by the JOC, from September 1987 to November 1999, were included into this study. There were 246 skaters, including 111 (59 male and 52 female) speed skaters (Group SS), 60 (33 male and 27 female) short-track speed skaters (Group ST), and 75 (32 male and 43 female) figure skaters (Group FS). They had received medical checks as authorized skaters by the JOC, and/or were team members of the Olympic Games, Asian Winter Games or Winter Universiade. The average age at the time of the first medical check was  $20.3 \pm 2.2$  years (range 16-28 years),  $19.3 \pm 2.5$  years (range 13-27 years), and  $17.9 \pm 3.8$  years (range 12-29 years), for Group SS, Group ST, and Group FS, respectively.

Medical checks were performed by more than one

orthopaedic surgeon. At the first medical check, the skaters, with the help of an orthopaedic surgeon, completed a questionnaire including items concerning their past history. The injuries in skaters were investigated by drawing the information about their previous injuries from their past history recorded in the charts of the medical checks. When the chart indicated that an injury was not related to skating or training for skating, then that injury was not included into this study. The locations of the injuries were classified into the lower extremity, trunk, upper extremity, and head or neck. The injuries were also classified as acute or chronic overuse injury.

## Results

Among the 246 skaters, there had been 312 injuries recorded, involving 170 skaters. There were 70 in Group SS, 45 in Group ST, and 55 in Group FS, with 119, 95, and 98 injuries, respectively. These included 192 (62%) injuries to the lower extremity, 65 (21%) to the trunk, 41 (13%) to the upper extremity, and 14 (4%) to the head or neck. Seventy-eight percent of the injuries in Group FS were located in the lower extremity. On the other hand, in each of Group SS and Group ST, the percentage of the lower extremity injuries was lower than that in figure skaters, while the percentage of trunk or upper extremity injuries was relatively high (Table 1).

One hundred and twenty-one of the 192 lower extremity injuries were acute, including 55 sprains in the ankle or foot, 19 fractures in the ankle or foot, 13 skin lacerations, and 12 muscle strains. More than 10 sprains in the ankle or foot were recorded in each group, whereas a fracture in the ankle or foot was recorded mostly in Group ST and Group FS, and skin lacerations were most frequent in Group ST.

Seventy-one lower extremity injuries were due to overuse. These included 29 disorders around the knee (patellar tendinitis, etc.), 19 disorders around the ankle (anterior tibial tendinitis, etc.), and 12

Table 1 Location of injuries

	Group SS	Group ST	Group FS	Total
Lower extremity	63 (52%)	53 (56%)	76 (78%)	192 (62%)
Trunk	34 (29%)	20 (21%)	11 (11%)	65 (21%)
Upper extremity	15 (13%)	17 (18%)	9 (9%)	41 (13%)
Head or neck	7 (6%)	5 (5%)	2 (2%)	14 (4%)
Total	119 (100%)	95 (100%)	98 (100%)	312 (100%)

Table 2 Injuries to the lower extremity

	Group SS		Group ST		Group FS		Total
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	
Ankle or foot sprain	6	19	7	4	10	9	55
Ankle or foot fracture	1	0	7	1	5	5	19
Skin laceration	2	2	4	4	0	1	13
Muscle strain	5	1	0	2	0	4	12
Knee ligament injury	1	1	2	0	1	4	9
Knee meniscus injury	1	1	0	0	1	0	3
Lower leg fracture	0	0	2	0	0	1	3
Others (acute)	4	0	0	1	0	2	7
Subtotal (acute)	20	24	22	12	17	26	121
Overuse disorder around the knee	3	6	5	4	7	4	29
Overuse disorder around the ankle	2	0	0	3	4	10	19
Stress fracture	4	2	1	0	0	5	12
Shin splint	0	0	2	1	1	0	4
Others (chronic)	2	0	1	2	1	1	7
Subtotal (chronic)	11	8	9	10	13	20	71
Total	31	32	31	22	30	46	192

stress fractures. Overuse disorders around the ankle were most commonly recorded in Group FS. Four stress fractures recorded in the males of Group SS were sustained by the same speed skater. He had incurred a stress fracture in the metatarsal bone four times. Excluding this unusual case, the stress fractures were mostly recorded in the female figure skaters (Table 2).

Fifty-six of 65 trunk injuries resulted from overuse. Forty-six of these overuse injuries to the trunk were diagnosed as low-back pain (Table 3).

All the 41 upper extremity injuries were acute, including 9 dislocations in the shoulder, 8 fractures in the clavicle, 7 fractures in the wrist, and 4 fractures in the finger or thumb (Table 4).

All the 14 injuries to the head or neck were also acute, including 6 skin lacerations (Table 5).

## Discussion

In this study, we examined all the skaters that had received the medical checks held by the JOC, which supervises almost all the elite non-professional athletes in Japan. Therefore, all the amateur Japanese elite skaters during this period were considered to be included into this study. And the size of this study group was relatively large, compared to the previously reported etiological studies for injuries in skaters<sup>1~3)</sup>. Despite these advantages, there were some difficulties in this study. This was a retrospective study and depended in large part on the reliability of the skaters' memory. Also, each medical check was not performed by only the one medical doctor, but by several orthopaedic surgeons who helped the

Table 3 Injuries to the trunk

	Group SS		Group ST		Group FS		Total
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	
Lumbar or thoracic spine fracture	0	1	1	2	0	0	4
Others (acute)	0	2	1	0	1	1	5
Subtotal (acute)	0	3	2	2	1	1	9
Low-back pain	10	15	9	6	2	4	46
Lumbar disc herniation	1	2	0	0	0	2	5
Lumbar spondylolysis	1	1	0	1	0	0	3
Others (chronic)	2	0	0	0	0	0	2
Subtotal (chronic)	14	18	9	7	2	6	56
Total	14	21	11	9	3	7	65

Table 4 Injuries to the upper extremity

	Group SS		Group ST		Group FS		Total
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	
Shoulder dislocation	1	2	3	0	1	2	9
Clavicular fracture	1	1	2	2	1	1	8
Wrist fracture	3	1	1	1	0	1	7
Finger or thumb fracture	0	0	3	0	1	0	4
Skin laceration	0	1	1	1	0	0	3
Others	4	1	2	1	1	1	10
Total	9	6	12	5	4	5	41

Table 5 Injuries to the head or neck

	Group SS		Group ST		Group FS		Total
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	
Skin laceration	2	2	1	1	0	0	6
Contusion to the head	0	2	1	0	1	0	4
Others	0	1	2	0	1	0	4
Total	2	5	4	1	2	0	14

skaters in their completing a questionnaire, which could bring about interviewer variation in recording the details from the skaters. Furthermore, although some injuries were excluded from this study when the charts clearly indicated that they had no relation to skating or training for skating, some injuries that resulted from other causes were still included. We recognize these difficulties, but we observed some trends.

An injury to the lower extremity was the injury most commonly recorded in each group. However, this percentage varied among the three groups.

Approximately half the injuries were located in the lower extremity in the speed skaters, and in the short-track speed skaters, while nearly 80 percent of all injuries involved the lower extremity in figure skaters. This high incidence of lower extremity injury in figure skaters was consistent with other reports<sup>1-3,5)</sup>.

The causes of the injuries could not be fully determined in this study. However, figure skaters are known to spend much training time on ice<sup>1,2)</sup>. Therefore, we assumed that most of the fractures and sprains in the ankle or foot in the figure skaters,



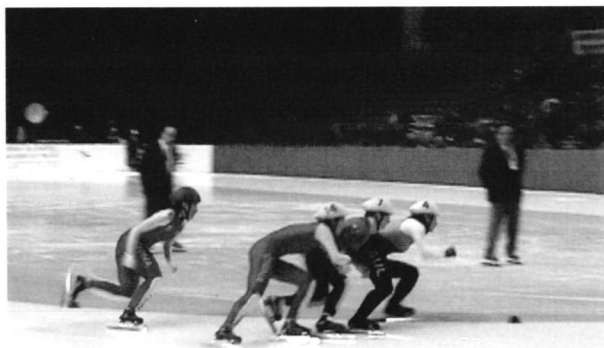


Fig. 1 In short-track skating, more than 3 skaters usually race at the same time.

which were recorded with high incidence, probably occurred on ice, especially during jumping. The high incidence of overuse injury in the lower extremity in figure skaters, including a disorder around the knee or ankle, and stress fracture, could also be explained by the long time training for jumping on ice<sup>2, 4)</sup>. Elite figure skaters always wear custom made boots which should provide a snug fit. When the boots do not fit perfectly, boot-related injury in the ankle or foot can occur<sup>3, 5, 6)</sup>. In our study, too, some overuse injuries to the foot or ankle were suspected to have been related to the skating boot.

No epidemiologic studies have yet been published on speed skating or short-track speed skating injuries<sup>7)</sup>. The results from the present study showed that a lower extremity injury was most common not only in figure skaters but also in speed skaters or short-track speed skaters. However, the causes of the injury might be different among these skaters. Speed skaters and short-track speed skaters spent more training time on dry-land training, compared to figure skaters<sup>2)</sup>. Therefore, injuries that occurred during dry-land training were probably included among their injuries. For example, a sprain in the ankle or foot in speed skaters or short-track speed skaters was likely to have occurred more frequently during dry-land training such as running along the ground.



Fig. 2 In short-track skating, a fall often involves more than one skater.

In short-track skating, more than 3 skaters usually race at the same time along a course, which is much shorter than that used in speed skating and which has curves with a smaller radius (Fig. 1). Falls are very frequent, and a fall often involves more than one skater (Fig. 2). In any fall, skaters tend to collide against the protective fence around the course. At that time, they sometimes have their skin cut by the skate blades of their own or of other skaters. This is probably the reason for the higher incidence of skin laceration in short-track speed skaters. A higher risk of falling on the ice in short-track speed skating could also explain the higher incidence of upper extremity injury among them.

In the present study, a relatively high percentage of trunk injury was recorded in speed skaters, and in short-track speed skaters, compared to figure skaters. Low-back pain occurred with the highest incidence not only among the trunk injuries, but also among all the chronic overuse injuries in skaters. We have previously reported the role of hip flexor tightness in the occurrence of low-back pain in speed skaters and in short-track speed skaters<sup>8)</sup>. During skating, they bend their trunks forward with their hips in flexion<sup>9)</sup>. In this position, the hip flexors have to be activated within a short excursion without stretching to their maximum length, which leads to hip flexor tightness and flexion deformity in

the hip. This causes the pelvis to tilt forward when the skater stands erect, and the lumbar spine compensates with an increased lordosis to remain upright. Strong paravertebral muscle activity to keep the forward bending position during skating also takes part in the increased lumbar lordosis, which probably predisposes the skaters to onset of low-back pain<sup>8)</sup>. The lower incidence of low-back pain in figure skaters would support this speculation. In contrast to speed skaters and short-track speed skaters, figure skaters do not spend much time with their hips in flexion on the ice.

### Conclusion

Through a retrospective study using the charts of past medical checks, we have concluded that injuries in skaters most frequently involved the lower extremity: that in figure skaters nearly 80 percent of injuries occurred in the lower extremity with a sprain or fracture in the ankle or foot, overuse disorder around the knee or ankle, or a stress fracture being common; that short-track speed skaters commonly sustained skin laceration, and that low-back pain was the most frequent overuse injury in skaters overall, especially in speed skaters and in short-track speed skaters.

### References

- 1) Smith AD et al : Injuries in competitive figure skaters. *Phys Sports Med*, 10 : 36-47, 1982.
- 2) Brock RM et al : Injuries in elite figure skaters. *Phys Sports Med*, 14 : 111-115, 1986.
- 3) Smith AD et al : Injuries in elite pair skaters and ice dancers. *Am J Sports Med*, 17 : 482-488, 1989.
- 4) Pecina M et al : Stress fractures in figure skaters. *Am J Sports Med*, 18 : 277-279, 1990.
- 5) Smith AD : Foot and ankle injuries in figure skaters. *Phys Sports Med*, 18 : 73-86, 1990.
- 6) Davis MW et al : Figure skater's foot. *Minn Med*, 62 : 647-648, 1979.
- 7) Muller DL et al : Ice skating : figure, speed, long distance, and in-line. In : Fu FH et al, eds. *Sports Injuries*. Williams & Wilkins, Baltimore : 445-454, 1994.
- 8) Sakai H et al : Prevention of low back pain in skaters training for Nagano Olympic Games : the significance of a medical check. *Jpn J Orthop Sports Med*, 19 : 369-373, 1999.
- 9) Ingen Schenau GJ van et al : A biomechanical model of speed skating. *J Human Movement Studies*, 6 : 1-18, 1980.



# Diving Injuries and Fatalities

## 潜水障害と死亡事故

Nobuo Yamami	山見 信夫 <sup>1)</sup>	Yoshihiro Mano	眞野 喜洋 <sup>1)</sup>
Masaharu Shibayama	芝山 正治 <sup>2)</sup>	Masayoshi Takahashi	高橋 正好 <sup>3)</sup>
Masaki Hayano	早野 正紀 <sup>4)</sup>		

### ● Key words

Diving : Injury : Fatality

潜水, 障害, 死亡

### ● Abstract

We analyzed 587 cases of injuries and 132 cases of fatalities related to diving. Only 10.7 % of the injuries occurred in divers who were 40 years old or older, whereas 45.5 % of the fatalities occurred in this age category. Nearly 70 % of the fatalities were associated with diving without a buddy (partner). In sport diving, solo diving should be avoided and extra attention should be given to the exact location of diving partners at all times. More conservative dives by divers over the age of 40 might also result in a decrease in diving-related fatalities.

### ● 要旨

潜水に係る障害587例と、死亡例132例を検討した。潜水障害の症例は、40歳以上の中高年ダイバーが10.7%しかいなかったが、死亡例では45.5%を占めた。また、死亡例の約70%は、潜水途中にバディー（パートナー）なしで潜水することが関係していた。スポーツダイビングでは、単独潜水をやめるべきであり、潜水中は常にパートナーとともに行動するべきである。また、40歳以上の中高年ダイバーの安全潜水が、潜水死亡事故を減少させると考える。

山見信夫  
〒113-8519 東京都文京区湯島1-5-45  
東京医科歯科大学大学院健康教育学講座  
TEL / FAX 03-5803-5337

- 1) Department of Health Education, Graduate School of Allied Health Sciences, Tokyo Medical and Dental University
- 2) Komazawa Women's University
- 3) National Institute for Resources and Environment
- 4) Japan Marine Recreation Association

## Introduction

With the increasing popularity of sport diving, the number of diving-injuries has also increased<sup>1)</sup>. We established a 24-hour diving emergency medical telephone consultation (hot-line) service in April 1992 to provide support to injured sport divers and to the medical personnel who care for them<sup>2)</sup>. The hot-line doctors offer emergency consultation and provide introductions to appropriate medical facilities for injured divers. This hot-line works in close relationship with the Japan Coast Guard (JCG). In addition to providing emergency consultations, the hot-line also collects information on accidents related to recreational diving. The JCG is a government organization responsible for rescue and recovery in Japanese waters. Naturally, the organization has reports on all accidents at sea.

Caruso et al reported that cardiovascular diseases are a common cause of recreational diving fatalities in the USA and that less experienced divers encounter these disasters more frequently than experienced divers<sup>3,4)</sup>. Very few reports examining diving injuries or fatalities have been made in Japan. We therefore analyzed the data from the hot-line cases and the diving accidents to which the JCG responded.

## Materials and Methods

### 1. Diving injuries

Data from hot-line cases that occurred between April 1992 and March 1999 were analyzed. The term "diving injury" refers to all physical injuries caused by diving, including decompression illness (DCI). DCI includes decompression sickness (DCS) and arterial gas embolism (AGE). DCI incidents were classified as Type I DCS, Type II DCS, or AGE according to the conventional classification. DCS incidents with signs and symptoms such as itching, rash, or pain in the extremities were classified as

Type I (nonserious) DCS, while signs and symptoms involving neurological, pulmonary, or cardiovascular symptoms were classified as Type II (serious) DCS<sup>5)</sup>. Gas embolisms in the arteries of the brain caused by pulmonary overpressurization were classified as AGE.

### 2. Diving fatalities

The JCG has collected all available information on the diving accidents that occurred between January 1994 and December 1999. Information was obtained from witnesses, diving buddies, and the doctors who treated the victims. Furthermore, all fatality cases were reviewed to determine the primary cause of the disasters.

Cases in which the diver dived alone were classified as "solo diving". Cases in which the diver lost contact with his/her diving buddy during the dive or undertook independent exploration were classified as "missing partner". The term "equipment" includes not only buoyancy compensator devices (BCD) and regulators, but masks, fins, dry suits, and any other gear that the diver was wearing. Accidents that occurred because the diver(s) were not accustomed to the use of their equipment were classified as "misuse of equipment", not "lack of experience". Moreover, accidents that occurred because of the action of the waves were classified as "wave conditions". Fatalities in which cardiovascular disease or other pre-existing health conditions were suspected were not listed under those causes unless the diagnosis was confirmed. Cases in which the cause of drowning could not be determined were classified as "cause unknown". Any information on pre-existing health condition that could have been related to the cause of death was also collected.

## Results

### 1. Diving injuries

The hot-line has received 587 calls for diving-related injuries in 7 years (Table 1). DCI, including

Table 1 Number of hot-line cases received each year

Year	Cases
April 1992 - March 1993	80
April 1993 - March 1994	99
April 1994 - March 1995	81
April 1995 - March 1996	100
April 1996 - March 1997	78
April 1997 - March 1998	71
April 1998 - March 1999	78
Total	587

Table 2 Diagnosis of diving injuries

Diagnosis	Cases	%
DCI		
Type I DCS	85	14.5
Type II DCS	154	26.2
AGE	25	4.3
Middle and/or inner ear problems	33	5.6
Sinus problems	19	3.2
Injuries by marine creatures	11	1.9
Other	260	44.3
Total	587	100

Table 3 Ages and genders of injured divers

Age	Male	%	Female	%	Total	%
≤9	0	0	0	0	0	0
10-19	2	0.8	3	1.9	5	1.2
20-29	106	41.2	110	71.0	216	52.4
30-39	112	43.6	35	22.6	147	35.7
40-49	30	11.7	4	2.6	34	8.3
50-59	6	2.3	3	1.9	9	2.2
60-69	1	0.4	0	0	1	0.2
70≤	0	0	0	0	0	0
Total	257	100	155	100	412	100

Table 4 Ages and genders of DCI cases

Age	Male	%	Female	%	Total	%
≤9	0	0	0	0	0	0
10-19	0	0	1	1.4	1	0.5
20-29	51	39.5	49	70.0	100	50.3
30-39	55	42.6	19	27.1	74	37.2
40-49	17	13.2	1	1.4	18	9.0
50-59	5	3.9	0	0	5	2.5
60-69	1	0.8	0	0	1	0.5
70≤	0	0	0	0	0	0
Total	129	100	70	100	199	100

Table 5 Rescues and fatality cases to which the Japan Coast Guard responded

Year	Rescued			Fatalities			Total
	Male	Female	Sub total	Male	Female	Sub total	
1994	31	10	41	21	7	28	69
1995	4	9	13	15	2	17	30
1996	11	10	21	25	6	31	52
1997	12	6	18	12	6	18	36
1998	8	6	14	13	4	17	31
1999	18	13	31	16	5	21	52
Total	84	54	138	102	30	132	270

DCS and AGE accounted for the largest proportion of diving injuries—264 (45.0 %) of 587 cases (Table 2). About 90 % of all injured divers were under the age of 40, and only about 10 % of the injured divers were 40 years old or older (Table 3). Similarly, about 90 % of the DCI cases were under the age of 40, and about 10 % of the DCI cases were 40 years old or older (Table 4).

## 2. Diving fatalities

Half (132 of 270 cases) of the cases collected by the JCG were fatalities (Table 5). The causes of fatality are shown in Table 6. Thirty-eight point six percent of the fatalities were classified as “missing partner”, and an additional 31.1 % of the diving fatalities were classified as “solo diving”. Overall about 70 % of the fatalities were related to diving without a partner(s). Forty-five point five percent of all fatali-

Table 6 Causes of death

Causes	Male	%	Female	%	Total	%
Missing partner	36	35.3	15	50.0	51	38.6
Solo diving	39	38.2	2	6.7	41	31.1
Insufficient air supply	20	19.6	1	3.3	21	15.9
Current	12	11.8	6	20.0	18	13.6
Panic	10	9.8	2	6.7	12	9.1
Misuse of equipment	10	9.8	2	6.7	12	9.1
Cause unknown	7	6.9	3	10.0	10	7.6
Alcohol	6	5.9	0	0.0	6	4.5
Wave conditions	3	2.9	1	3.3	4	3.0
DCI	2	2.0	1	3.3	3	2.3
Asthma	2	2.0	0	0.0	2	1.5
Encephalorrhagia	2	2.0	0	0.0	2	1.5
Nitrogen narcosis	1	1.0	1	3.3	2	1.5
Contact with boat	0	0.0	2	6.7	2	1.5
Acute myocardial infarction	1	1.0	0	0.0	1	0.8
Pulmonary barotrauma	1	1.0	0	0.0	1	0.8

% : percentage of 132 fatality cases in total

Table 7 Ages and genders of fatality cases

Age	Number of cases		%		Total	
	Male	Female				
≤9	0	0	0	0	0	0
10-19	1	1.0	3	10.0	4	3.0
20-29	26	25.5	11	36.7	37	28.0
30-39	24	23.5	7	23.3	31	23.5
40-49	24	23.5	3	10.0	27	20.5
50-59	21	20.6	2	6.7	23	17.4
60-69	6	5.9	4	13.3	10	7.6
70≤	0	0	0	0	0	0
Total	102	100	30	100	132	100

ties occurred in divers who were 40 years old or older (Table 7).

## Discussion

The hot-line cases contained a high percentage of injuries, while the JCG cases contained a high percentage of fatalities. This difference is probably due to the nature of the services. Divers call the hot-line to ask for suitable first aid and/or evacuation to a referral hospital. However, most JCG calls are requests for the search and/or rescue of diver(s).

In most diving fatalities, the direct cause of death is drowning. However, the circumstances and events that result in the drowning are far more important because this information provides the “true” cause of the accident. Consequently, we did not include “drowning” as a cause of fatality.

Determining the “true” cause of a fatality is very difficult. Running out of air might result from a lack of diving experience or carelessness in experienced divers. Moreover, the reason why air could not be supplied could be the misuse of equipment, equipment malfunction, or a depletion in the supply of air. If the air supply is depleted, panic or rapid ascent usually occurs, resulting in pulmonary barotrauma. In this study, cases where acute heart failure, heart attack, or arrhythmia were suspected as the cause of death but not confirmed were classified as “cause unknown”. Pre-existing health problems or physical weakness might also be considered as critical risk factors in diving-related fatalities. However, these factors were not classified as the cause of death unless their effect was confirmed. Solo diving (diving alone) is not recommended in recreational div-

ing<sup>6)</sup>. According to previous investigations of American divers, cases related to “solo diving” account for 5–22 % of all fatalities<sup>7)</sup>. In our study, nearly 70 % of fatalities were related to “solo diving” or “missing partner”. When the buddy system fails during a dive, the dive becomes a case of solo diving, which is the largest cause of fatality among sport divers. If the buddy system is maintained throughout a dive, the chances of survival increase even if a diving injury occurs while underwater. In the same investigation mentioned above, fatalities related to equipment problems accounted for 2.5–5 % of all fatalities<sup>7)</sup>. Incidents that occurred on the surface before descent or during the early phase of the dive were often associated with “equipment malfunction” or “improper assembly of equipment”<sup>7)</sup>. In our study, cases related to “misuse of equipment” accounted for about 10 % of fatalities, but no cases of “equipment malfunction” occurred.

Cardiovascular diseases are a primary cause of fatality in U.S. recreational divers, especially in the over 35 years of age category<sup>3)</sup>. In this study, however, cardiovascular diseases accounted for only a few fatalities. One reason for this finding is that fewer autopsies are performed in Japan than in the USA.

The four most common risk factors associated with DCI are rapid ascent, buoyancy problems, equipment problems, and diving outside the limits of one’s computer or dive tables. Thirty-six percent of DCI cases in the USA exhibited one or more of these factors<sup>8)</sup>. In the present study, risk factors for DCI were not investigated. However, in a previous study of ours, 85.2 % (92/108 cases) of DCS cases occurred because the diver did not abide by the basic rules of his/her dive tables<sup>9)</sup>. Rapid ascent after running out of air or panic is frequently part of the diving scenario in AGE cases<sup>10)</sup>. About 20 % of problems occurring in the last part of the dive or during ascent can be directly attributed to an “insufficient air supply”<sup>11)</sup>. In this study, the third largest cause of fatality was an insufficient air supply. Even if a diver runs out of air while underwater, he/she can survive

if a buddy diver is present by using techniques such as “buddy breathing” (alternate breathing through the buddy’s main regulator) or “octopus breathing” (breathing through the buddy’s octopus regulator). About 90 fatalities in an estimated population of 2 million divers occur in the USA every year<sup>12, 13)</sup>. In Japan, about 20 fatalities in a population of 4 hundred thousand divers occur every year. Thus, the fatalities rate in Japan is about the same as that in the USA<sup>14)</sup>. In a previous report examining diving fatalities in the USA, the 40–49 years old category contained the largest number of fatalities and the 40 years old or older category contained the largest proportion of fatalities<sup>15)</sup>. In the present study, the number of fatalities was highest in the 20–29 years old category, but the 40 years old or older category contained about half of the fatalities. The difference in these age distributions may be due to differences in cultural background, diving activity, or the age composition of the diving population. The true incident rate can not be calculated without knowing what fraction of all dives are performed by each age category. Nevertheless, among the 12 thousand members of the Divers Alert Network of Japan, (the association operating the hot-line), the diving rate of the 40 years old or older category is 26.2 % (318/12, 147 people)<sup>16)</sup>. The rate of fatalities in the 40 years old or older category of this study was greater than this figure.

## Conclusion

More diving injuries occurred in the under 40 years old category, but the number of fatalities was higher in the 40 years or older age category. “Missing partner” and “solo diving” should be avoided in sport diving, and divers should be within sight of a diving buddy at all times while underwater. More conservative diving habits in divers over the age of 40 years might also result in a decrease in the number of diving-related fatalities.

## References

- 1) Mano Y et al : Annual transition of DCS outbreaks and the analysis of their occupations and the types of bends. *The Jpn J Hyperbar Med*, 32 : 249–257, 1997.
- 2) Yamami N et al : Emergency call service and Diving Doctors Network on the Divers Alert Network in Japan. *Proceedings of the 13th Meeting of the United States Japan Cooperative Program in Natural Resources*, 147–155, 1995.
- 3) Caruso JL et al : Fatalities related to cardiovascular disease in the recreational diving population. *J Undersea and Hyperbar Med Society*, 24 : 26, 1997.
- 4) Caruso JL et al : Inexperience kills : the relationship between lack of diving experience and fatal diving mishaps. *J Undersea and Hyperbar Med Society*, 25 : 32, 1998.
- 5) Golding FC et al : Decompression sickness during construction of the Dartford tunnel. *Br J Ind Med*, 17 : 167–180, 1960.
- 6) Japan Marine Recreational Association (JMRA) : Provision. In : *Heisei 11 analysis of diving accident*. JMRA, Tokyo : 14–18, 1999.
- 7) Divers Alert Network (DAN) : 1989–1997 diving fatalities trends. In : *Report on decompression illness and diving fatalities*. DAN, Durham NC : 58–63, 2000.
- 8) Divers Alert Network (DAN) : Dive profile/ Incidents. In : *Report on decompression illness and diving fatalities*. DAN, Durham NC : 34–43, 1999.
- 9) Yamami N et al : Decompression sickness of sport divers induced by flying after diving. *J Jap Clinical Sports Med*, 8 : 171–176, 2000.
- 10) Divers Alert Network (DAN) : Appendix A. In : *Report on decompression illness and diving fatalities*. DAN, Durham NC : 80–108, 1999.
- 11) Divers Alert Network (DAN) : Fatality dive profile. In : *Report on decompression illness and diving fatalities*. DAN, Durham NC : 71–75, 1999.
- 12) Bennett P : Nitrox diving in American sport divers. In : *Nitrox in Kobe*. Social Sports Center, Tokyo : 25–30, 1999.
- 13) Divers Alert Network (DAN) : SCUBA fatalities. In : *Report on decompression illness and diving fatalities*. DAN, Durham NC : 62–64, 1999.
- 14) Nakayama H et al : Incidence of decompression sickness (DCS) in leisure divers. *The Jpn J Hyperbaric Med*, 33 : 73–80, 1998.
- 15) Divers Alert Network (DAN) : 1998 diving fatalities. In : *Report on decompression illness and diving fatalities*. DAN, Durham NC : 64–75, 2000.
- 16) Japan Marine Recreational Association (JMRA) : Information. In : *The proceedings of DAN Japan Steering Committee*. JMRA, Tokyo : 1–3, 2000.



# Decorin Antisense Gene Therapy decreases Creep Behavior of Early Ligament Scar

デコリンアンチセンス遺伝子治療は初期修復靱帯のクリープ現象を抑制する

Norimasa Nakamura 中村 憲正<sup>1)</sup>  
Yasufumi Kaneda 金田 安史<sup>3)</sup>  
Nigel G. Shrive<sup>4)</sup>

Konsei Shino 史野 根生<sup>2)</sup>  
David A. Hart<sup>4)</sup>  
Cyril B. Frank<sup>4)</sup>

## ● Key words

Gene therapy : Ligament healing : Creep  
遺伝子治療, 靱帯修復, クリープ

## ● Abstract

Injured ligaments heal with scar tissue with inferior mechanical properties to those of normal ligament, potentially resulting in joint instability and subsequent degenerative arthritis. In ligament scars, large diameter collagen fibrils have been shown to be replaced by a homogenous population of small collagen fibrils. Since collagen is a major tensile load-bearing matrix element, we hypothesized that the restoration of larger collagen fibrils in a ligament scar, by down regulating the proteoglycan decorin, would improve scar mechanical properties. In contrast to sense and injection controls, *in vivo* treatment of injured ligament by antisense decorin oligodeoxynucleotides led to a significant increase in the development of larger collagen fibrils in early scar and a significant improvement in its creep behavior. This is the first report of *in vivo* manipulation of collagen fibrillogenesis to improve tissue function during repair processes using a gene therapy approach. These findings suggest the potential use of this type of approach to improve soft tissue healing.

## ● 要旨

修復靱帯の low load 負荷による引き伸ばし反応(クリープ)は靱帯損傷後の関節不安定性の一因とも考えられ, その臨床的意義は深いと考えられる. われわれは修復靱帯内のコラーゲン線維サイズを増大させれば組織のクリープ反応を抑制しないかと推測した. そこで, プロテオグリカンの1つであるデコリンの発現をアンチセンス法という遺伝子治療の一法により損傷部内で抑制することで, コラーゲン線維径の増大を試みた. アンチセンス治療により, 修復組織に直径 125 nm 以上の大きなコラーゲン線維が発現していた. また治療によりコントロール群に比して有意に低いクリープ率を呈した. 本研究から組織内でコラーゲン重合を促進させることによりクリープ反応に抵抗性の組織を形成させる可能性が示唆された.

中村憲正  
〒591-8025 堺市長曾根町 1179-3  
大阪労災病院整形外科  
TEL 0722-52-3561 / FAX 0722-55-3349  
E-mail nori@orh.go.jp

- 1) Department of Orthopaedic Sports Medicine, Osaka Rosai Hospital
- 2) Division of Physical Therapy, Osaka Prefectural College of Health Sciences
- 3) Division of Gene Therapy Science, Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medicine, Osaka University
- 4) McCaig Centre for Joint Injury and Arthritis Research, University of Calgary



## Introduction

Ligament injuries are one of the most common injuries to joints, but the optimal conditions for promoting their healing still remain unknown. Previous studies have shown that ligaments heal with scar which is mechanically inferior to normal tissue<sup>1)</sup>. Specifically, healing of rabbit medial collateral ligament (MCL) of the knee reaches only 30–40 % of normal material strength at one year post-injury<sup>1,2)</sup>. Furthermore, injured ligaments can also stretch out during healing<sup>3,4)</sup>; the engineering term for this behavior is creep. Since a major function of ligaments is to stabilize joints and since either weak or loose ligaments can potentially lead to joint instability, and degenerative arthritis<sup>5)</sup>, these inferior mechanical qualities of ligament scar are a serious clinical concern.

Of the various components of connective tissue, collagen plays a key role as the major tensile load-bearing element. Therefore, qualitative and quantitative alteration in the collagen matrix during scar formation is likely sources of altered tissue mechanical properties after injury. Previous studies have shown that soft tissue scars have common alterations in biochemical properties compared with normal tissues, such as changes in collagen types (decreased type I and elevated types III and V) and abnormal collagen cross-linking<sup>1,6,7)</sup>. Morphologically, soft tissue scars have also demonstrated similar changes in the organization of their collagen. With scarring, normal large diameter collagen fibrils in soft tissues are replaced by relatively small collagen fibrils<sup>8)</sup>. However, ligament scars contain only homogenous small fibrils for months to years after injury<sup>8)</sup>. Previous studies have suggested that the presence of large diameter collagen fibrils in normal and healing soft tissues could correlate with their mechanical strength<sup>9,10)</sup>. Thus, production of larger diameter collagen fibrils in soft tissue scars could potentially improve their mechanical properties. However, no

study regarding the *in vivo* manipulation of the diameter of newly synthesized collagen fibrils during tissue repair processes has been reported.

The interaction of collagen molecules with proteoglycan is one of the mechanisms implicated in collagen fibrillogenesis. Members of the small leucine rich proteoglycans (SLRPs), decorin, fibromodulin, and lumican have been suggested to inhibit collagen fibrillogenesis<sup>11)</sup>. Specifically, the results of *in vitro* binding experiments, molecular and biochemical analyses of tendon development, and knockout mouse studies, collectively suggest the involvement of decorin in collagen fibril assembly<sup>12,13)</sup>. Further, the presence of decorin mRNA<sup>14)</sup> and of protein<sup>15)</sup> in ligament scar has been observed. Accordingly, we hypothesized that inhibition of decorin expression during early stages of ligament healing would potentially enhance the assembly of newly synthesized collagen fibrils and thus improve the quality of ligament scar tissue.

The antisense method, which blocks the transcription or translation of specific genes by binding of oligodeoxynucleotides (ODNs) to target mRNA, was used for this purpose. To increase the efficiency of gene transfer, a highly efficient hemagglutinating virus of Japan (HVJ)-liposome method has been developed<sup>16)</sup>. HVJ promotes fusion of the liposome with target cells and delivers the plasmid DNA and ODNs into the cells<sup>17)</sup>. We previously reported that this method can be applied to healing ligament by a direct injection of HVJ-liposomes into the ligament scar<sup>18,19)</sup>. We then established an efficient model for *in vivo* ODN delivery into rabbit MCL scar and confirmed the specific suppression of decorin at both the mRNA and the protein levels over 4 wks after the introduction of the antisense decorin ODNs<sup>15)</sup>. In the present study, we report the morphological and biomechanical effects of this antisense treatment on early MCL healing using the same model. Specifically, we evaluated the effect of this gene therapy on the creep behavior of ligament scar under low loading.

## Materials and Methods

### 1. Synthesis of ODNs and selection of sequence targets

The sequences of ODNs for rabbit decorin were; antisense 5'-GGA-TGA-GAG-TTG-CCG-TCA-TG-3', and sense 5'-CAT-GAC-GGC-AAC-TCT-CAT-CC-3' (-1 to +19 of rabbit sequence). The antisense ODNs specifically inhibit decorin mRNA in primary cultured rabbit MCL scar cells<sup>15)</sup>.

### 2. Preparation of HVJ-liposomes

HVJ-liposomes were prepared as described previously<sup>15)</sup>. Briefly, phosphatidylcholine, phosphatidylserine and cholesterol were mixed in a weight ratio of 1 : 4.8 : 2. Dried lipid was hydrated in balanced salt solution (BSS ; 140 mM NaCl, 5.4 mM KCl, 10 mM Tris-HCl, pH 7.5) containing sense or antisense ODNs. The mixture was agitated and sonicated for preparation of unilamellar liposomes. The liposome suspension (0.5 ml, containing 10 mg of lipids) was then incubated with HVJ (10,000 hemagglutinating units), which had been inactivated with ultraviolet irradiation (110 erg/mm<sup>2</sup> per s for 3 min just before use), to allow formation of HVJ-liposomes. The mixture was incubated at 4 °C for 10 min and, after adjusting total volume to 4 ml, incubated for 60 min with gentle shaking at 37 °C. Free HVJ was removed from the HVJ-liposomes by sucrose density gradient centrifugation.

### 3. *In vivo* transfer of ODNs

Thirty-nine 12-month-old female New Zealand white rabbits had the central 2 mm portion of their MCL removed surgically under halothane general anesthesia. Removal of the 2 mm portion naturally creates a 4 mm midsubstance gap due to slight initial retraction of the cut ends. Both edges of the ligament were marked with 6-0 nylon thread (two sutures at each edge) to identify the scar edge at tissue sampling. For the antisense-treated (n = 13)

and the sense control group (n = 13), HVJ-liposomes (0.5 ml) containing 10 µM of antisense or sense decorin ODNs were injected into the ligament scars after 2 wks of healing, as previously described<sup>15)</sup>. The concentration of antisense decorin ODNs (10 µM) was optimized in preliminary *in vitro* antisense assays using rabbit MCL scar fibroblasts (data not shown). As an injection-control group (n = 13), ligament scars were poked with a needle without injection of any solution. All the procedures were performed with an open procedure under direct visualization of the scars. The animals were allowed to return to normal cage activity after treatment. All the animals were handled according to established ethical guidelines approved by the local animal care committee, and were sacrificed with a phenobarbitol overdose at 4 wks post-injection (at 6 wks after injury). Six rabbits from each group were used for electron microscopic assessment and reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) analysis, and the other 7 rabbits from each group were used for creep analyses.

### 4. RT-PCR

Semiquantitative RT-PCR was performed on RNA extracted from the scar tissues as previously reported<sup>21)</sup> using primer sets specific for rabbit decorin and a housekeeping gene glyceraldehyde-3-phosphate-dehydrogenase (GAPDH). The rabbit decorin 5' primer was 5'-TGT-GGA-CAA-TGG-TTC-TCT-GG-3'; the 3' primer was 5'-CCA-CAT-TGC-AGT-TAG-GTT-CC-3'. The rabbit GAPDH 5' primer was 5'-TCA-CCA-TCT-TCC-AGG-AGC-GA-3'; the 3' primer was 5'-CAC-AAT-GCC-GAA-GTG-GTC-GT-3'. The optimal conditions for RT-PCR have been previously described<sup>15)</sup> and assessments were in the linear range of the assay. The reaction mixtures were assessed by 2 % agarose gel electrophoresis, ethidium bromide staining and then quantified using a Masterscan Interpretive Densitometer (CSPI Inc, Billerica, MA). The normalization of decorin mRNA to GAPDH mRNA in

each group was calculated from triplicate experiments.

## 5. Transmission electron microscopy (TEM)

Specimens were fixed in 2 % paraformaldehyde, 2.5 % glutaraldehyde, followed by 1 % osmium tetroxide in the same buffer, stained en block overnight with 0.5 % uranyl acetate in 50 % ethanol, dehydrated in graded ethanol, and then embedded in epoxy resin. 50–90 nm ultra-thin sections were stained with uranyl acetate and lead citrate for 15 min and analyzed with an H-600 electron microscope operating at 50 kV<sup>8)</sup>. For quantitative studies, collagen fibril diameters were measured on photographic negatives with a calibrated final magnification of  $\times 30,000$ . A total of 30,912 randomly-selected collagen fibrils were measured.

## 6. Creep analysis

The dissected samples (femur-MCL-tibia complex) were mounted on a specialized closed loop, servo-hydraulic material testing system (MTS Systems Co, Minneapolis, MN) at a joint angle of 70° flexion. The femur-MCL-tibia complex was first cycled between 2.5 N and –5 N at 1 mm/min to determine “ligament zero.” This was identified as the cross head position where the ligament began to take up 0.1 N load. Then, the ligament length and tissue cross sectional area was measured. The specimens were then enclosed in a humidity chamber (relative humidity 99 %) at 37 °C to provide a constant environment during testing. The creep protocol involved 30 cycles of cyclical loading at 1 Hz. to a constant stress level of 2.2 MPa (cyclic creep), followed by a 20 min static creep at 2.2 MPa. This stress level is approximately 2.5 % of the failure stress of a normal rabbit MCL, and represents the estimated normal tensile loads carried by the rabbit MCL *in vivo*. The stress level for each ligament scar was calculated based on the cross-sectional area. Tensile strain was defined as the measured deformation of the ligament divided by the “ligament zero” length (Fig. 1). Total

creep strain (resulting from both the cyclic and static creep tests) was defined as the strain at the end of the static creep test minus the strain at the peak of the first cycle of cyclic creep test. After creep testing, the ligament was allowed to recover at 0 load for 20 min. The residual strain after this period was defined as irrecoverable creep. All the mechanical testing was performed in a blinded-fashion and outcomes were analyzed statistically by ANOVA (single factor) followed by the Bonferroni correction for multiple comparisons with a significance at  $p < 0.05$ .

## Results

### 1. RT-PCR analysis

Treatment of MCL scar tissue with decorin antisense ODNs led to significant suppression of decorin mRNA levels compared with those in the sense ODN-treated samples and the injection-controls. There was no significant difference between the decorin mRNA levels in the sense ODN-treated samples and the injection-controls (Fig. 2).

### 2. Transmission electron microscopic (TEM) analysis

Normal MCL contained a bimodal distribution of both large and small diameter collagen fibrils (Fig. 3a), while injection control scars contained uniformly small size collagen fibrils (Fig. 3b). Similarly, collagen fibrils in sense control scars also contained only small fibrils (Fig. 3c). However, some larger diameter collagen fibrils were seen in the antisense treated scars (Fig. 3d). Collagen fibril diameter analysis demonstrated that the average collagen fibril size in the antisense treated scars, sense control scars, injection-control scars, and normal MCL was,  $104.7 \pm 51.1$  nm ( $n = 20246$ ),  $74.8 \pm 11.0$  nm ( $n = 4465$ ),  $78.2 \pm 11.9$  nm ( $n = 4054$ ) and  $189.1 \pm 104.0$  nm ( $n = 2156$ ), respectively. Approximately 38 % of the normal MCL tissue contained collagen fibrils with diameters  $> 125$  nm, while 14 % of the collagen fibrils in the antisense treated scars had diameters  $>$

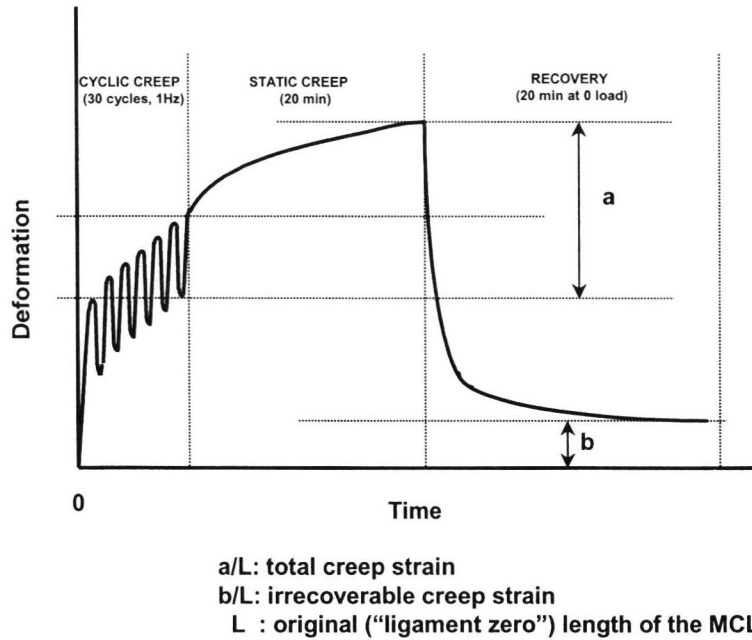


Fig. 1 Schematic diagram defining creep strains. Tensile strain was defined as the measured deformation of the ligament divided by the "ligament zero" length. Ligament zero length was identified as the length where the ligament began to take up 0.1 N load. Total creep strain (resulting from both the cyclic and static creep tests) was defined as the strain at the end of the static creep test minus the strain at the peak of the first cycle of cyclic creep test ( $a/L$ ). The residual strain after the 20 min of recovery period was defined as irrecoverable creep ( $b/L$ ).

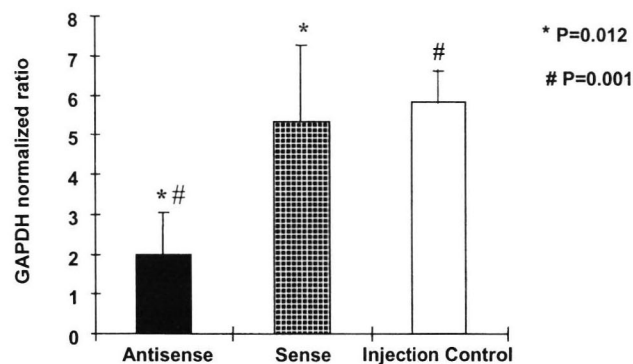


Fig. 2 Effect of decorin antisense therapy on the mRNA levels of decorin in the antisense-, in sense-treated and in the injection control 6 wk MCL scars ( $n = 6$  from each group).

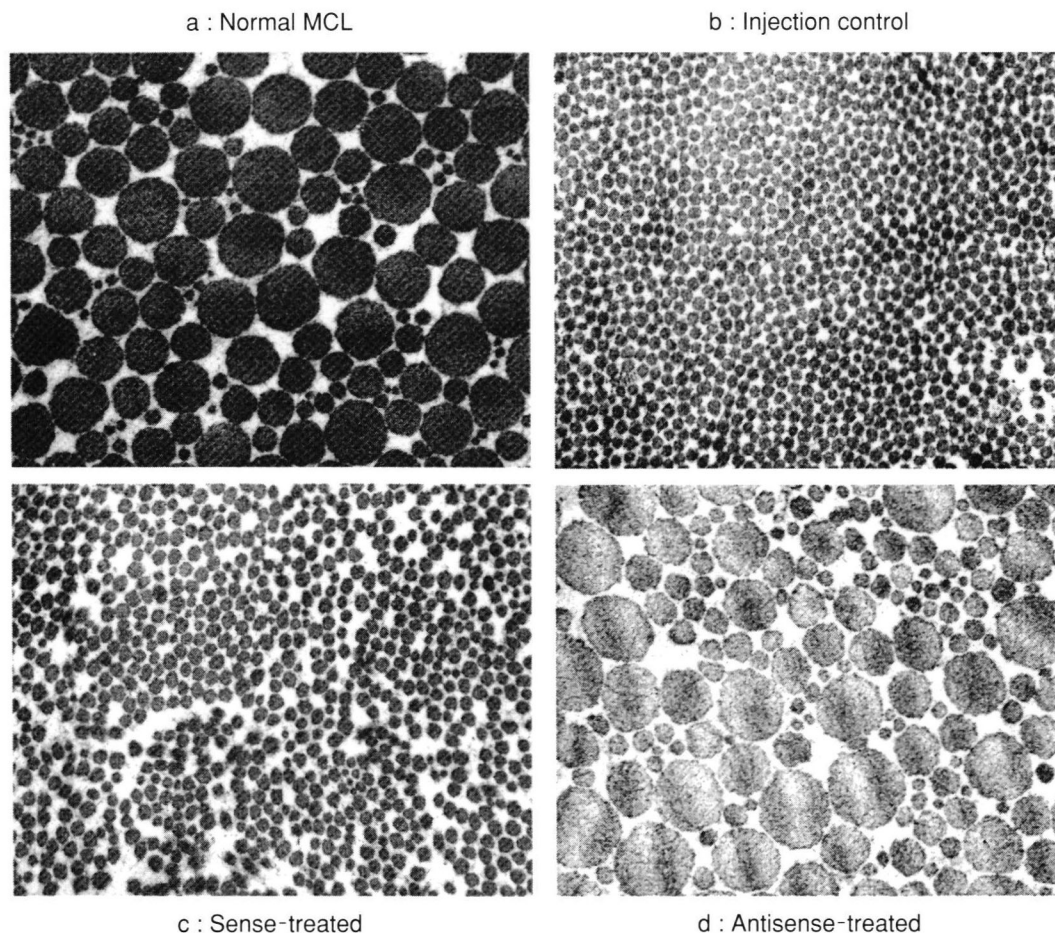


Fig. 3 Effect of antisense therapy in collagen profiles.  
Transmission electron micrographs of normal MCL, 6 wk injection-control MCL scar, the sense-treated MCL scar, and of the antisense-treated MCL scar. ( $\times 30,000$ )

125 nm. In contrast, the sense control and injection control scars contained profiles which were nearly identical to each other, ranging from 25–125 nm.

### 3. Creep analysis

To evaluate the functional effects of these morphological changes, creep behaviors were assessed since the irrecoverable elongation (creep) of a ligament scar defines its functional length in a joint (excessive scar elongation renders a joint too loose). The antisense treated scars were significantly less susceptible to elongation (creep) during creep testing than both sense control and injection control scars (by 18–22%) and they showed 33–48% less irrecoverable

elongation (creep) after the same relaxation period than either the sense control or the injection-control scars. The average cross sectional area of antisense treated, sense control and injection control scars was  $7.64 \pm 0.90 \text{ mm}^2$ ,  $9.40 \pm 1.69 \text{ mm}^2$ , and  $7.98 \pm 1.72 \text{ mm}^2$ , respectively. There was no significant statistical difference among these groups (Table 1).

### Discussion

Here we show a novel therapeutic strategy to improve early ligament healing by a gene therapy approach. This study, as far as we know, is the first success in manipulating collagen fibrillogenesis *in*



Table 1 Summary of creep testing (average  $\pm$  SD)

Treatment group	Antisense-treated	Sense-treated	Injection control
Scar cross sectional area (mm <sup>2</sup> )	7.64 $\pm$ 0.90	9.40 $\pm$ 1.69	7.98 $\pm$ 1.72
Total creep strain (%)	2.57 $\pm$ 0.35 <sup>1,2</sup>	3.18 $\pm$ 0.42 <sup>1</sup>	3.29 $\pm$ 0.74 <sup>2</sup>
Irrecoverable creep strain (%)	1.60 $\pm$ 0.32 <sup>3,4</sup>	2.40 $\pm$ 0.83 <sup>3</sup>	3.05 $\pm$ 1.44 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> p=0.014, <sup>2</sup> p=0.045, <sup>3</sup> p=0.035, <sup>4</sup> p=0.030

*vivo* during soft connective tissue repair, as well as the first report that such a treatment can improve the functional properties of scar.

Specifically, a single dose of decorin antisense treatment resulted in the suppression of decorin expression and larger diameter collagen fibrils developed in ligament scars within 4 wks of the treatment.

Although the antisense therapy led to the development of large diameter collagen fibrils, there was spatial difference in the enlargement of collagen fibril sizes. This could be explained by variable down-regulation of decorin between cells within the scar. In our current technique, initial transfection efficiency of ODNs is at most 60 % <sup>15)</sup>, therefore, such variable results in collagen fibril enlargement could be possibly due to non-uniform transfection of ODNs *in vivo*.

To test for a functional effect of these morphological changes, we performed creep analyses. *In vivo*, ligaments are likely repetitively loaded to a constant low stress during ambulation <sup>20)</sup>, and therefore, repeated loads could possibly create conditions favorable for elongation (creep) in ligament scars. The results of creep tests showed significantly less creep and significantly better creep recovery by the antisense treated scars compared to both the sense controls and the injection controls. Therefore, this therapy could potentially help protect early ligament scars from "stretching out" under low stress. While the mechanisms responsible for the observed improved

creep behaviors resulting from the antisense treatment are not yet clear, it could reflect the ultrastructural changes in the collagen fibrils.

Before attributing all of the changes observed to decorin suppression alone, it must be pointed out that the ratio of decorin to other matrix molecules might be a critical factor *in vivo*. In fact, although the ODNs were designed to be specific for decorin based on available evidence, it is possible that secondary regulation of other molecules could be involved *in vivo*. Further characterization will be required to reveal the precise mechanisms of this gene therapy.

Finally, it must be reinforced that this technique has not yet been fully optimized for this application. In part due to the likely limited transfection efficiency of a single injection *in vivo*, the enlargement of collagen fibril sizes was variable, and the recovery in biomechanical properties was only partial. With further optimization of the dosage, timing and delivery techniques, this antisense therapy appears to have great potential to significantly enhance the quality of soft tissue healing *in vivo*.

**Acknowledgment :** This work was supported by grants from the London Life Insurance Company, the Canadian Arthritis Society, the Medical Research Council of Canada and the Alberta Heritage Foundation for Medical Research.

## References

- 1) Frank CB et al : Soft tissue healing. In : Fu F et al, eds. Knee Surgery. Williams & Wilkins, Baltimore : 189-230, 1994.
- 2) Frank CB et al : Medial collateral ligament healing : a multidisciplinary assessment in rabbits. Am J Sports Med, 11 : 379-389, 1983.
- 3) Holden JP et al : Biomechanics of fascia lata ligament replacements : early operative changes in the goat. J Orthop Res, 6 : 639-647, 1988.
- 4) Lerat JL et al : A prospective study of the outcome of anterior laxity of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction with procedures using two different patellar tendon grafting methods. Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'Appareil Moteur, 83 : 217-228, 1997.
- 5) Daniel DM et al : Fate of the ACL-injured patients : a prospective outcome study. Am J Sports Med, 23 : 632-644, 1994.
- 6) Kavalkovich KW et al : Type V collagen levels are elevated following MCL injury and in long term healing. Trans Orthop Res Soc, 22 : 485 (abstract), 1997.
- 7) Frank C et al : Rabbit medial collateral ligament scar weakness is associated with decreased collagen pyridinoline crosslink density. J Orthop Res, 13 : 157-165, 1995.
- 8) Frank C et al : Collagen fibril diameters in the rabbit medial collateral ligament scar : a longer term assessment. Connect Tissue Res, 36 : 261-269, 1997.
- 9) Parry DAD et al : A comparison of the size distribution of collagen fibrils in connective tissues as a function of age and a possible relationship between fibril size distribution and mechanical properties. Proc R Soc Lond B Biol Sci, 203 : 305-321, 1978.
- 10) Doillon C et al : Collagen fiber formation in repair tissue : development of strength and toughness. Collagen Rel Res, 5 : 481-492, 1992.
- 11) Iozzo RV : Matrix proteoglycans : from molecular design to cellular function. Ann Rev Biochem, 10 : 598-614, 1998.
- 12) Vogel KG et al : The effect of proteoglycans on the morphology of collagen fibrils formed *in vitro*. Coll Relat Res, 7 : 105-114, 1987.
- 13) Danielson KG et al : Target disruption of decorin leads to abnormal collagen fibril morphology and skin fragility. J Cell Biol, 136 : 729-743, 1997.
- 14) Boykiw R et al : Altered levels of extracellular matrix molecules mRNA in healing rabbit ligaments. Matrix Biol, 17 : 371-378, 1998.
- 15) Nakamura N et al : A comparison of *in vivo* gene delivery methods for antisense therapy in ligament healing. Gene Ther, 5 : 1455-1461, 1998.
- 16) Kaneda Y et al : Increased expression of DNA cointroduced with nuclear protein in adult rat liver. J Mol Med, 73 : 289-297, 1995.
- 17) Okada Y et al : Modification of cell membranes with viral envelopes during fusion of cells with HVJ (Sendai virus). Exp Cell Res, 93 : 368-378, 1975.
- 18) Nakamura N et al : Transient introduction of a foreign gene into healing rat patellar ligament. J Clin Invest, 97 : 226-231, 1996.
- 19) Nakamura N et al : Early biological effect of *in vivo* gene transfer of platelet-derived growth factor (PDGF)-B into healing patellar ligament. Gene Ther, 5 : 1165-1170, 1998.
- 20) Holden JP et al : *In vivo* forces in the anterior cruciate ligament : direct measurements during walking and trotting in a quadruped. J Biomech, 27 : 517-526, 1994.



# Influence of Mechanical Stress on Graft Healing in a Bone Tunnel : A Preliminary Experimental Study

## 骨孔内における tendon-bone healing における力学的影響

Kotaro Yamakado

山門浩太郎

Katsuhiko Kitaoka

北岡 克彦

Hiroshi Yamada

山田 泰士

Kensaku Hashiba

羽柴 謙作

Ryuichi Nakamura

中村 立一

Katsuro Tomita

富田 勝郎

### ● Key words

Tendon graft : Mechanical stress : Bone tunnel

腱移植, 応力, 骨孔

### ● Abstract

Purpose : To examine the relationship between mechanical stress and tendon-bone healing.

Materials and Methods : Thirty-one female Japanese white rabbits underwent transplantation of the extensor digitorum longus into a tibial bone tunnel created perpendicularly to the long axis of the bone. Animals were sacrificed at 4, 6, 8, and at 12 weeks. Sections were obtained from the coronal plane through the bone tunnel, and were histologically evaluated.

Results : Abundant collagen-fiber continuity consisting of Sharpey's fibers was observed on the upper side of the bone tunnel. The lower side of the tunnel showed a layer of newly formed woven bone.

Discussion : Stress distribution in the bone tunnel was thought to be compressive on the lower side and tensile on the upper side after formation of interface tissue between the graft and the bone. A comparison of the histology and stress distribution suggested that tensile stress enhanced the healing process at the tendon-bone junction.

### ● 要旨

目的：骨腱移行部再生における応力の影響を検討した。

対象と方法：日本白色家兎31羽31膝の長趾伸筋腱の大腿骨起始部を切離し脛骨長軸に直角な骨孔内に引き込み内側で固定した。4, 6, 8, 12週で屠殺し脛骨骨軸と骨孔長軸それぞれに平行な切片をH-E染色し, 骨孔上側と下側の組織学的形態を検討した。

結果：骨腱移行部は骨孔上部に形成され, 骨孔下側では骨形成を認めた。

考察：移植腱と骨孔壁間に形成される interface において, 入口部に近い部位では骨孔上側には tensile stress, 下側には compressive stress が働く。Tensile stress が骨腱移行部形成を促す可能性が示唆された。

山門浩太郎

〒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

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine,  
Kanazawa University

## Introduction

Various soft tissue reconstruction surgery procedures rely on a firm attachment of grafted tendon to bone. Outcomes from these procedures depend not only on the initial mechanical fixation of the graft but also on biological fixation for long-term success. Recently, the hamstring tendon autograft has become a widely adopted anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction procedure because of its superior strength and low harvest morbidity<sup>1~3)</sup>. Some studies have provided evidence for tendon-to-bone healing in a bone tunnel, in human, and in animals<sup>4~7)</sup>. However, the factors affecting the re-insertion of tendon to bone are not yet thoroughly understood.

Various procedures, such as local administration of recombinant human BMP-2, and of the fibrin sealant system, have been tested in order to promote tendon-bone healing, but these are still in the developmental stages<sup>8,9)</sup>.

The mechanical load has a significant effect on the

biochemical and biomechanical characteristics of soft and hard tissues<sup>10,11)</sup>. Many studies have been published about the effects of load on both tendon substance and cartilage, but few have concerned themselves with bone-tendon junctions and these few have not found consistent results.

In clinical situations, close contact and rigid immobilization of a graft has been found to facilitate biological fixation and improve healing strength<sup>12)</sup>, while in contrast in experimental situations biomechanical studies have demonstrated a rapid reduction in bone-ligament-bone strength after immobilization. Woo et al demonstrated that weakening in the ligament occurred after immobilization, especially in indirect insertions, due to bone reabsorption and destruction of the periosteal fibers<sup>13)</sup>. The purpose of the present study was to identify the specific stimulus for tendon-to-bone healing in the bone tunnel by assessing morphological changes according to location and time.

## Materials and Methods

After approval was obtained from Kanazawa University, 31 skeletally mature female Japanese white rabbits, each weighing 2.5 to 3.0 kilograms, were premedicated with 2.5 ml ketamine hydrochloride (Ketalar®, Sankyo, Tokyo) intramuscularly followed by intravenous injection of 50 to 75 mg (3.0 ml) pentobarbital sodium (Nembutal®, Dainippon Pharmaceutical, Osaka) for anesthesia. The right hind extremity was shaved and disinfected with iodine. Under sterile conditions, a 30-mm longitudinal incision was made from the anterior aspect of the right knee. The extensor digitorum longus (EDL) was identified and released from its femoral origin. A drill-hole 2.5 mm in diameter was made using a hand drill perpendicularly to the long axis of the tibia. The EDL tendon was passed through the tunnel and sutured to a screw post inserted medially with 4-0 nylon sutures while the extremity was supported in dorsiflexion (Fig. 1). The diameter of the bone tun-

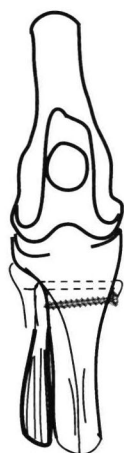


Fig. 1 Schematic illustration of the grafting procedure. A bone tunnel (2.5 mm in diameter) was created perpendicularly to the long axis of the tibia and the EDL tendon, which was then released from its origin, passed through the bone tunnel and sutured to a medially inserted screw. The diameter of the bone tunnel was almost the same or a little smaller than that of the tendon, thus they intimately contacted with each other.

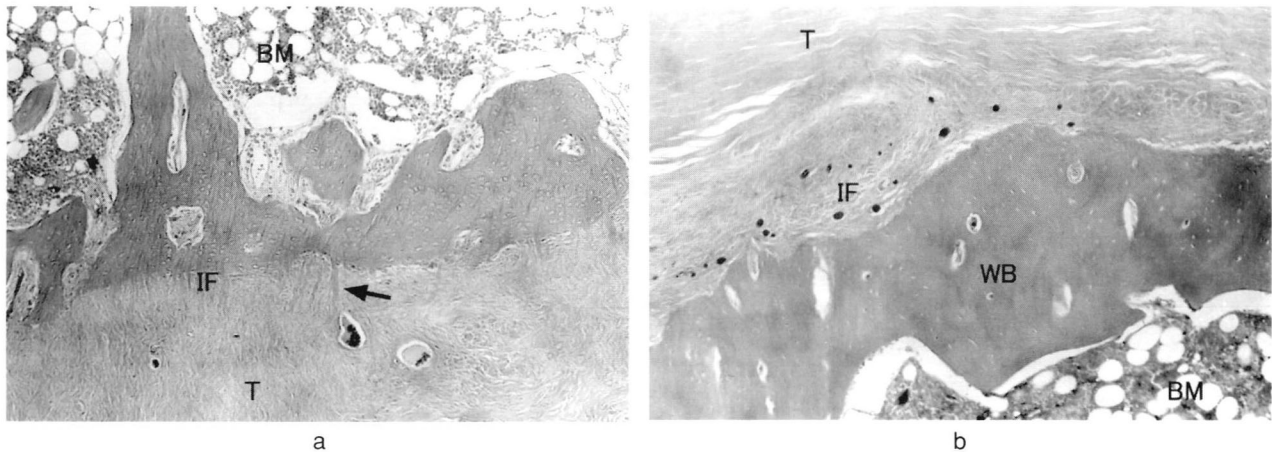


Fig. 2 Photomicrograph of the tendon-bone junction at 6 weeks (HE stain, original magnification x 200).

(a) Upper side in the bone tunnel, (b) lower side in the bone tunnel. The longitudinal section shows differences between the upper side and the lower side. At the upper side, distinct collagen-fiber continuity is seen. In contrast, a woven bone layer is seen at the lower side, regarded as the interface without fiber continuity. BM : bone marrow, IF : interface, T : tendon, WB : woven bone, arrow : Sharpey's fiber.

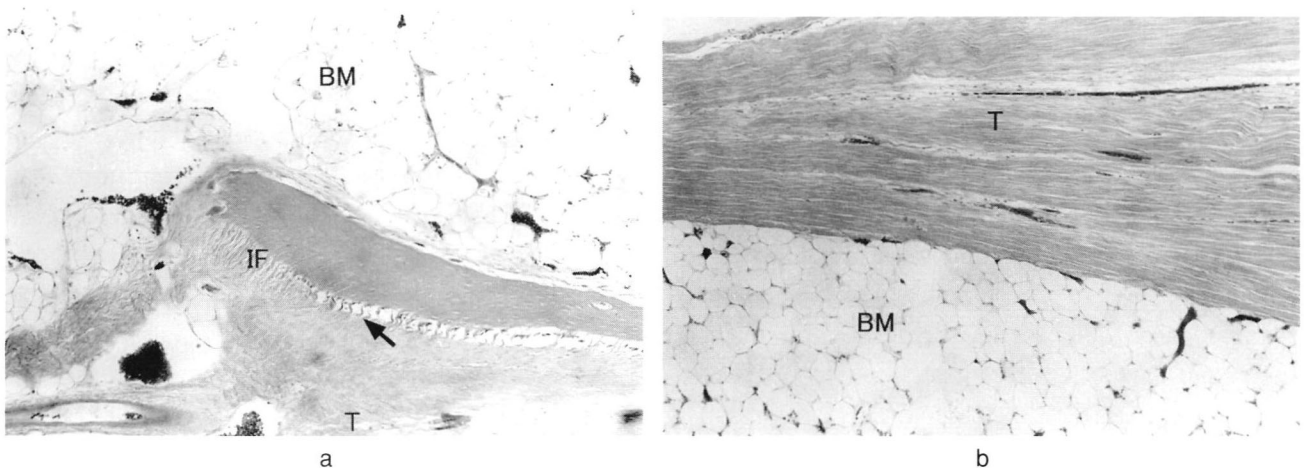


Fig. 3 Photomicrograph of the tendon-bone junction at 12 weeks (HE stain, original magnification x 200).

(a) Upper side in the bone tunnel, (b) lower side in the bone tunnel. The anchoring fibers inside the tunnel appear to be attenuated, and there is little collagen-fiber continuity at the upper side, and the interface tissue inside the tunnel disappears at the lower side, regarded as no interface. BM : bone marrow, IF : interface, T : tendon, arrow : Sharpey's fiber.

nel was almost the same or a little smaller than that of the tendon, thus they intimately contacted with each other. After surgery, the animals were returned to their cages and free to move about in their cages without any restriction or immobilization of their extremities. All animals were ambulant without any sign of guarding or immobility when they were sacri-

ficed. Rabbits were sacrificed at 4 weeks (= 7), 6 weeks (= 9), 8 weeks (= 8), and at 12 weeks (= 7) after the surgery. The EDL tendon and proximal tibia complexes were harvested and decalcified, after which sections obtained from the coronal plane through the bone tunnel were stained with H & E stain. The upper and lower sides of the tendon-bone

Table 1 Histological classification

	At 4w (n = 7)		At 6w (n = 9)		At 8w (n = 8)		At 12w (n = 7)	
	E	I	E	I	E	I	E	I
Upper side								
Distinct collagen-fiber continuity	1/7	4/7	3/9	5/9	6/8	4/8	3/7	2/7
Little collagen-fiber continuity	4/7	2/7	1/9	2/9	2/8	2/8	0/7	3/7
Interface without fiber-continuity	2/7	1/7	5/9	1/9	0/8	1/8	2/7	0/7
No interface	0/7	0/7	0/9	1/9	0/8	1/8	2/7	2/7
Lower side								
Distinct collagen-fiber continuity	0/7	0/7	1/9	1/9	0/8	0/8	2/7	0/7
Little collagen-fiber continuity	0/7	1/7	0/9	0/9	0/8	0/8	1/7	0/7
Interface without fiber-continuity	7/7	5/7	8/9	4/9	8/8	2/8	4/7	0/7
No interface	0/7	1/7	0/9	3/9	0/8	6/8	0/7	7/7

E: The entrance of the bone tunnel

I: Inside the bone tunnel

interface within the bone tunnel were each histologically evaluated with light and polarized microscopy. Fibrous interface tissue at the tendon-bone junction was graded morphologically in terms of collagen-fiber continuity as showing; distinct collagen-fiber continuity (Fig. 2a), interface only without collagen-fiber continuity (Fig. 2b), little collagen-fiber continuity (Fig. 3a), no interface (Fig. 3b).

## Results

Three tendons had pulled out from the bone tunnel (one each at 6, 8, and at 12 weeks). Gross examination of the graft-tibia complex showed that the grafted tendon was firmly anchored to the bone in other specimens.

### 1. Upper side of the bone tunnel (Table 1)

At 4 weeks, longitudinal sections showed tendon-bone interface tissue and occasional collagen-fiber continuity between the tendon and the bone (Fig. 4a). The fibrovascular interface tissue appeared to be more extensive at the entrance than inside the tunnel. At 6 weeks, longitudinal sections revealed distinct collagen-fiber continuity, and the interface tissue appeared to have matured (Fig. 2a). At 8 weeks, the interface tissue had changed very little, but in some specimens the collagen fibers had increased and in others the interface itself seemed to be less organized (Fig. 5a). At 12 weeks, both

anchoring fibers and the interface appeared robust at the entrance. Inside the tunnel, however, anchoring fibers looked attenuated, and the interface tissue had disappeared in some specimens (Fig. 3a).

### 2. Lower side of the bone tunnel (Table 1)

At 4 weeks, longitudinal sections showed chondroid cells on a newly-formed woven bone layer, which was thicker at the entrance than inside the tunnel. Occasional collagen-fiber continuity was observed inside the tunnel in one of the seven specimens (Fig. 4b). At 6 weeks, longitudinal sections disclosed a woven bone layer without collagen-fiber continuity (Fig. 2b). At 8 weeks, the interface tissue had changed very little (Fig. 5b). At 12 weeks, the woven bone layer was still present and anchoring fibers were observed at the entrance in three specimens. However, no interface tissue was seen inside the tunnel where the grafted tendon and bone were close together (Fig. 3b).

## Discussion

The bone-tendon junction consists of tendon, fibrocartilage, calcified fibrocartilage and bone<sup>14)</sup>. Since the tendon-bone junction can be regarded as a transitional form from tendon to bone featuring the interposition of cartilage, it remains to be determined what the specific stimuli for the formation of the tendon-to-bone junction are. Our study showed that

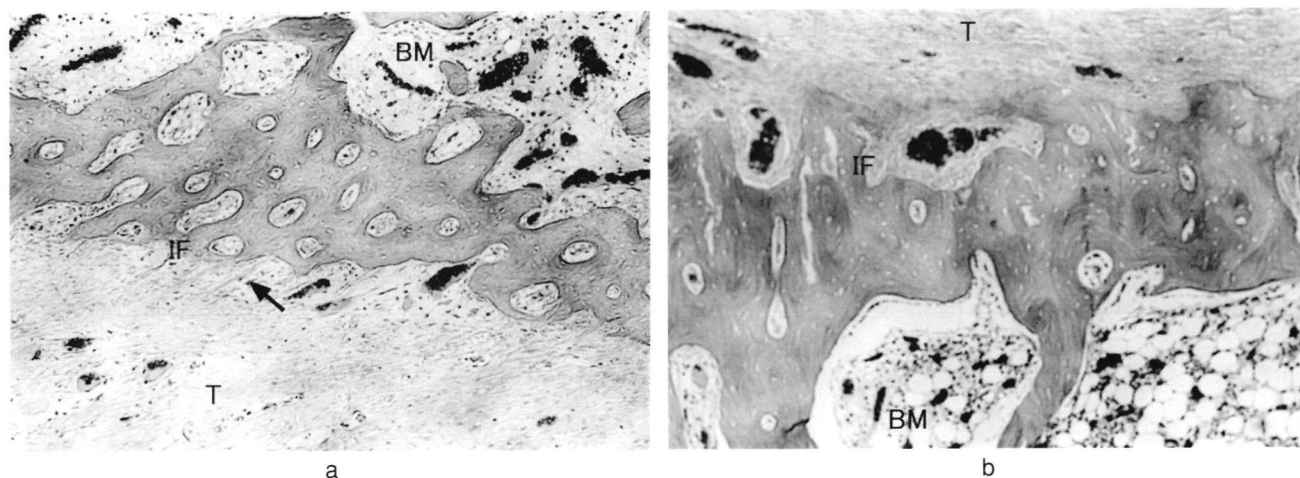


Fig. 4 Photomicrograph of the tendon-bone junction at 4 weeks (HE stain, original magnification x 200).  
(a) Upper side in the bone tunnel, (b) lower side in the bone tunnel. Note the occasional collagen-fiber continuity at the upper side and no continuity at the lower side. BM : bone marrow, IF : interface tissue, T : tendon.

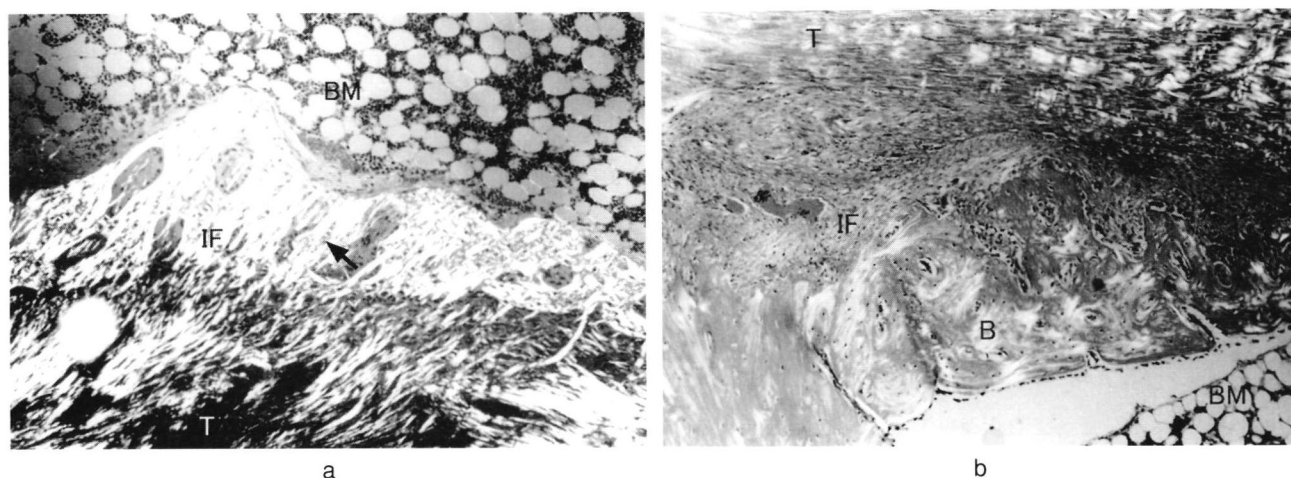


Fig. 5 Photomicrograph of the tendon-bone junction at 8 weeks (HE stain, polarized light, original magnification x 200).  
(a) Upper side in the bone tunnel, (b) lower side in the bone tunnel. On the upper side abundant collagen-fiber continuity is seen. In contrast, lamellar bone layer is seen on the lower side. B : Bone, BM : bone marrow, IF : interface, T : tendon, arrow : Sharpey's fiber.

there were distinct differences in the healing process in terms of location and time, while a comparison of histology and stress distribution suggested that tensile stress enhanced the healing process of the tendon-bone junction.

Many studies have been published about the effect of load on both tendon substance and cartilage, but few have concerned themselves with the bone-tendon junction and these few have shown inconsistent

findings. It is well accepted that close contact and rigid immobilization facilitated biological fixation<sup>12)</sup>. However, biomechanical studies in animals have demonstrated a rapid reduction in the bone-tendon-bone strength after immobilization<sup>15, 16)</sup>. Woo et al demonstrated that immobilization reduced the strength and energy-absorbing capacity of the bone-ligament-bone complex<sup>13)</sup>.

The mechanical load has a significant effect on the



biochemical and biomechanical characteristics of tendon and cartilage, and different modes of adaptation to the type of applied load can be observed. Slack et al reported the effect of tensional load on embryonic chick tendons in vitro: application of an intermittent tensile load resulted in increases in protein and in DNA synthesis<sup>17)</sup>. Evanko et al reported that large proteoglycan core protein synthesis was enhanced by compression and speculated that compressive force might be a factor affecting the development of fibrocartilaginous tissue in tendon<sup>18)</sup>. Giori et al found a process of fibrocartilage metaplasia in tendon where the tendon was in contact with bone<sup>19)</sup>. Furthermore, the mechanical conditions of cells can directly influence gene expression, mitosis, and biosynthesis<sup>11)</sup>.

Concerning tendon healing in the bone tunnel, Rodeo et al reported the results of a histological and biomechanical study in a dog model<sup>20)</sup>. They reported interface tissue between the tendon and bone. They also showed that Sharpey fibers were seen as early as 8 weeks postoperatively. In their experiment, a drill hole was made in the proximal tibia at a 45-degree angle to the long axis of the bone, and it was found that there was a thicker woven bone layer and greater collagen-fiber continuity at the entrance than on the upper surface of the tunnel. They speculated that this result might have been due to the greater bone-tendon contact stress that might be expected at the entrance.

In our study, however, we made a drill hole perpendicular to the bone axis and obtained different results. The key difference was in stress distribution and the histological difference seemed to depend on the type of stress. Inside the tunnel, dominant is shear stress, however, near the entrance vertical component of the force (compressive or tensile) is exerted on the interface tissue of both sides. As the angle of the bone tunnel increases, the proportion of shear force decreases and that of vertical force (tensile/compressive force) increases. Our investigation is restricted to near the entrance and this means that

it is where tensile stress is exerted on the upper side and compressive stress on the lower side in our model. Moreover, stress distribution in the bone tunnel is understood to change over time. The lower side of the bone tunnel came under stress from the compressive force immediately after the operation, while there was no load on the upper side until fibrous interface tissue between the graft and the bone had been formed. After formation of interface tissue, the pull of the EDL transmitted a tensile load to the upper wall via the interface tissue.

Throughout the follow-up period, histological differences between the upper and lower side of the bone tunnel in the bone-tendon junction were apparent. At the upper side, collagen-fiber continuity was shown at 4, 6 and 8 weeks (Fig. 2a, 4a, 5a), but the anchoring fibers appeared to have become attenuated at 12 weeks inside the tunnel (Fig. 3a). In the early regeneration stages (at 4 weeks and at 6 weeks), pull of the EDL widened the gap between the graft and the bone at the entrance, where more extensive interface was being formed and formation of anchoring fibers was delayed. As the re-insertion matured, the interface inside the tunnel came under less stress inside the tunnel, thus leading to attenuation of once-formed anchoring fibers by stress shielding. In contrast, chondroid cells and bone formation were seen at the lower side where stressed with compressive force (Fig. 2b, 5b). A thick layer of woven bone was seen both at the entrance and inside the tunnel, but it was thicker at the entrance. This difference appeared to depend on the distribution of the compressive load, which was greater at the entrance. After 12 weeks, the interface tissue inside the tunnel had disappeared (Fig. 3b), although the woven bone layer was more organized and lamellar bone was observed at the entrance where continuing bone formation made bone bulge outwardly.

These results suggested that tensile stress enhanced the healing process of tendon-bone junctions, and compressive stress promoted chondroid

formation. These results also showed that the bone-tendon junction inside the tunnel disappeared in the late regeneration period. However, the process of conversion of mechanical stress into cellular response needs further clarification.

## References

- 1) Larson RV : Anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 6 : 136–146, 1996.
- 2) Howell SM et al : Endoscopic fixation of a double-looped semitendinosus and gracilis anterior cruciate ligament graft using Bone Mulch screw. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 6 : 152–160, 1996.
- 3) Corry IS et al : Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. A comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med*, 27 : 444–454, 1999.
- 4) Goradia VK et al : Tendon-to-bone healing of a semitendinosus tendon autograft used for ACL reconstruction in a sheep model. *Am J knee Surg*, 13 : 143–151, 2000.
- 5) Eriksson K et al : Semitendinosus tendon graft ingrowth in tibial tunnel following ACL reconstruction. *Acta Orthop Scand*, 71 : 275–279, 2000.
- 6) Pinczewski LA et al : Integration of hamstring tendon graft with bone in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 13 : 641–643, 1997.
- 7) Grana WA et al : An analysis of autograft fixation after anterior cruciate ligament reconstruction in a rabbit model. *Am J Sports Med*, 22 : 344–351, 1994.
- 8) Rodeo SA et al : Use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 to enhance tendon healing in a bone tunnel. *Am J Sports Med*, 27 : 476–488, 1999.
- 9) Shoemaker SC et al : Effect of fibrin sealant on incorporation of autograft and xenograft tendons within bone tunnels : a preliminary study. *Am J Sports Med*, 17 : 318–324, 1989.
- 10) Powels F : *Biomechanics of the locomotor apparatus*. Springer-Verlag, Berlin, 1980.
- 11) Carter DR et al : Mechanobiologic regulation of osteogenesis and arthrogenesis. In : Buckwalter JA et al, eds. *Skeletal growth and development*. American Academy of Orthopaedic Surgeons, Rosemont : 99–130, 1997.
- 12) Arnoczky SP et al : Biological fixation of ligament prosthesis and augmentation : an evaluation of bone ingrowth in dog. *Am J Sports Med*, 16 : 106–112, 1988.
- 13) Woo SL-Y et al : The biomechanical and morphological changes in the medial collateral ligament of rabbit after immobilization and remobilization. *J Bone Joint Surg*, 69-A : 1200–1211, 1987.
- 14) Cooper RR et al : Tendon and ligament insertion : a light and electron microscopic study. *J Bone Joint Surg*, 52-A : 1–21, 1960.
- 15) Laros GS et al : Influence of physical activity on ligament insertion in the knee of dog. *J Bone Joint Surg*, 53-A : 275–286, 1971.
- 16) Noyes FR et al : The strength of anterior cruciate ligament in human and rhesus monkeys : age-related changes. *J Bone Joint Surg*, 58-A : 1074–1082, 1976.
- 17) Slack C et al : The effect of tensional load on isolated embryonic chick tendons in organ culture. *Connect Tissue Res*, 12 : 229–247, 1984.
- 18) Evanko SP et al : Proteoglycan synthesis in fetal tendon is differentially regulated by cyclic compression in vitro. *Arch Biochem Biophys*, 307 : 153–164, 1993.
- 19) Giori NJ et al : Cellular shape and pressure may mediate mechanical control of tissue composition in tendons. *J Orthop Res*, 11 : 581–591, 1993.
- 20) Rodeo SA et al : Tendon-healing in a bone tunnel : a biomechanical and histological study in the dog. *J Bone Joint Surg*, 75-A : 1795–1803, 1993.



# Mechanism of Fingernail Injury in Baseball

## 野球投球時爪損傷のメカニズムの検討

Hiroyuki Segawa

瀬川 博之<sup>1)</sup>

Go Omori

大森 豪<sup>2)</sup>

Yoshio Koga

古賀 良生<sup>3)</sup>

Makoto Sakamoto

坂本 信<sup>4)</sup>

Jun Sakai

坂井 淳<sup>5)</sup>

Youichi Maruhashi

丸橋 洋一<sup>6)</sup>

### ● Key words

Baseball : Fingernail injury : Strain measurement

野球, 爪損傷, 歪み計測

### ● Abstract

To determine the mechanism of fingernail injury, the fingernail strain during pitching was investigated. A sample of 9 healthy male baseball pitchers and one catcher was analyzed. The subjects threw five fastball pitches and the strain on the index and middle fingernails were measured. All players showed a peak compressive strain at ball release. The mean value of the peak strain along the longitudinal axis ( $1321.3 \pm 501.1 \mu\epsilon$ ) was significantly higher than that along the transverse axis ( $824.1 \pm 56.2 \mu\epsilon$ ). The high compressive strain in the longitudinal axis at ball release that produced the dorsal bending, induced a transverse tear. The most common type of fingernail injury in baseball pitching is a transverse tear at the radial side of the middle fingernail, since the middle finger is usually longer than the index finger, and is exposed to higher stress at ball release.

### ● 要旨

野球投球時爪損傷の機序を検討するため投球時の爪歪みを計測した。アマチュア野球選手6名(投手5名, 捕手1名)とプロ野球投手4名の計10名を対象とし, 直球5球投球時の爪長軸および横軸の歪みを計測した。全症例で長軸および横軸方向ともにリリース時に反り返る方向にpeak値を認め, 示指および中指の平均では長軸方向に $1321.3 \mu\epsilon$ , 横軸方向に $824.1 \mu\epsilon$ の歪みを認め長軸方向の歪みが大きかった。今回リリース時に長軸方向に反り返る歪みを認め, これが投球時爪損傷の機序と考えた。爪損傷部位は中指先端部橈側に多く, 中指は示指より長くリリース時に高い歪みを生じるためと考えられた。

瀬川博之

〒951-8566 新潟市川岸町2-15-3

県立がんセンター新潟病院整形外科

TEL 025-266-5111 / FAX 025-233-3849

E-mail segawa@niigata-cc.niigata.niigata.jp

1) Department of Orthopaedic Surgery, Niigata Cancer Center Hospital

2) Department of Orthopedic Surgery, Niigata University School of Medicine

3) Department of Orthopaedic Surgery, Niigata Kobar Hospital

4) Department of Health Sciences, Niigata University School of Medicine

5) Graduate School of Science and Technology, Niigata University

6) Department of Industrial and System Engineering, Niigata College of Technology

## Introduction

Fingernail injury in baseball pitching can impair the sensitivity of the finger palp, and adversely affect the pitching performance. There have been no reports on the mechanism of fingernail injury in baseball pitching, to our knowledge, and the purpose of this study was to measure strain on the index and middle fingernails during pitching.

## Materials and Methods

Ten healthy male baseball players were examined; including 4 professional baseball pitchers and six skilled amateur baseball players (five pitchers and one catcher). The mean age of the players was 25.7 years (20–34 years). Two of the 6 amateur baseball players (one pitcher and one catcher) and 3 of the 4 professional baseball pitchers each had a history of middle fingernail injury during pitching. The all fingernail injuries were at the radial tip of the middle fingernail (Fig. 1).

A strain gauge ( $2 \times 2$  mm, NEC Sankyo Co., Tokyo) was placed on the center of the dorsal aspect of each of the index and middle fingernails along the longitudinal axis of the nail using cyanoacrylate (Fig. 2). After the measurement in the longitudinal

axis, the strain gauge was placed along the transverse axis, in amateur players. In professional baseball players, the strain along only the longitudinal axis was measured, because almost all nail injury in baseball pitching has been in the transverse direction at the tip of the nail, probably due to the dorsal bending of the fingernail. It was considered that the compressive strain represented the dorsal bending of the nail, and the tensile strain represented the volar bending of the nail. A pilot study of static load on the finger palp represented tensile strain in both the longitudinal and transverse axes.

After informed consent was obtained, each player was tested in an indoor laboratory. After stretching and warming up, the subject threw five fastball pitches towards a target. The strain of the fingernail was measured continuous during the entire pitch via a software interface with data sampling every 100 msec. The ball velocity was not measured. The mean strain in the fingernails during the five pitches was evaluated in the longitudinal and transverse axes of the amateur players, and in only the longitudinal axis of the professional players.

Statistical analysis was undertaken using the Mann-Whitney U test comparing continuous variables, and the significance level was determined at less than 0.05.

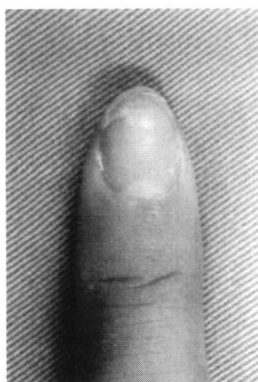


Fig. 1 Fingernail injury at the radial side of the tip of the middle fingernail.

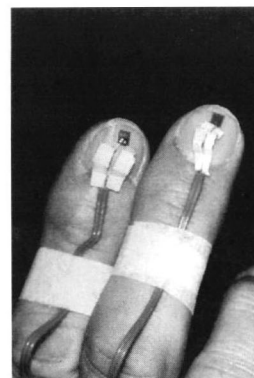


Fig. 2 Placement of the strain gauges on the fingernail.

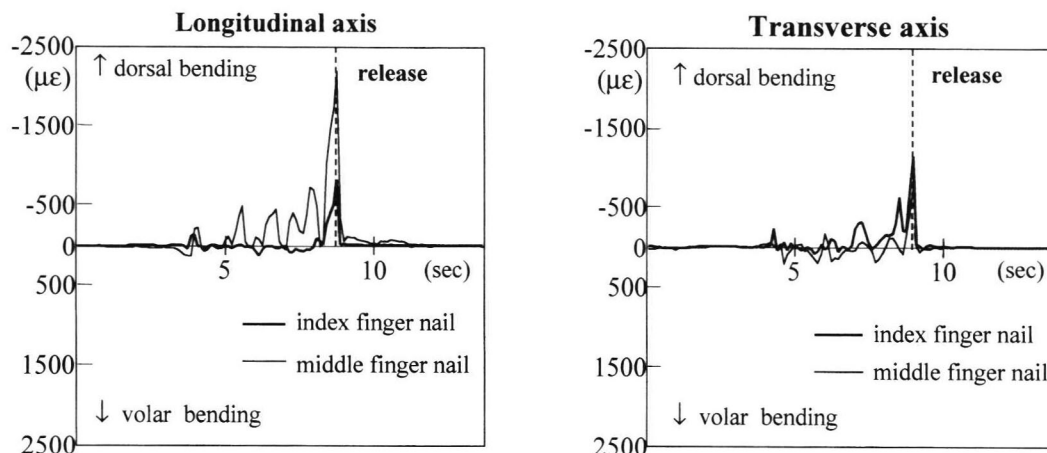


Fig. 3 Fingernail strain in the index and the middle fingernails during pitching of the amateur players.

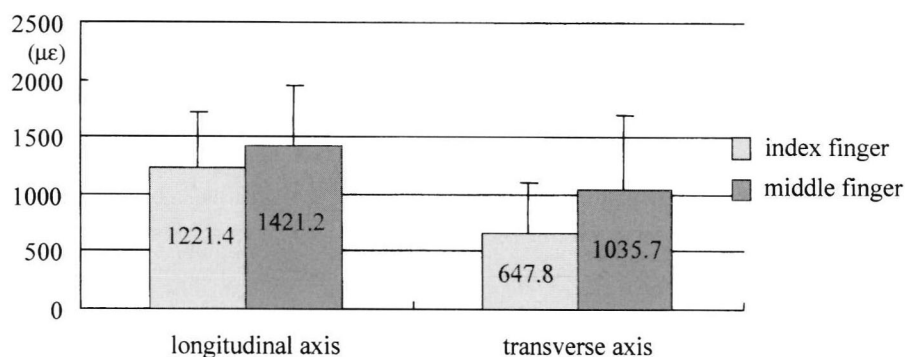


Fig. 4 The mean peak value of the index and the middle fingernails along longitudinal and transverse axes during pitching of the amateur players (N=6).

## Results

The fingernail strains during pitching of the amateur players were shown in the Fig. 3. Each of the players showed a peak compressive strain at ball release in both the longitudinal axis and transverse axis of the index and middle fingernail (in only the longitudinal axis tested in the professional players).

### 1. Amateur players

Five of six amateur players showed the higher peak strain in the middle finger than the index finger (including 2 players with a history of middle finger

nail injury), and one showed the higher peak strain in the index finger. The mean value of peak strain along the longitudinal axis was  $1221.4 \pm 498.1 \mu\epsilon$  in the index finger and  $1421.2 \pm 529.4 \mu\epsilon$  in the middle finger, and along the transverse axis was  $647.8 \pm 450.7 \mu\epsilon$  in the index finger and  $1035.7 \pm 662.7 \mu\epsilon$  in the middle finger. The mean value of peak strain of the middle finger along the longitudinal axis and transverse axis ( $1246.0 \pm 596.9 \mu\epsilon$ ) was higher than that of the index finger ( $934.6 \pm 543.0 \mu\epsilon$ ). But this difference was not significant (Fig. 4). Overall, the mean value of peak strain of the index and middle finger along the longitudinal axis ( $1321.3 \pm 501.1 \mu\epsilon$ ) was significantly higher than that along the trans-

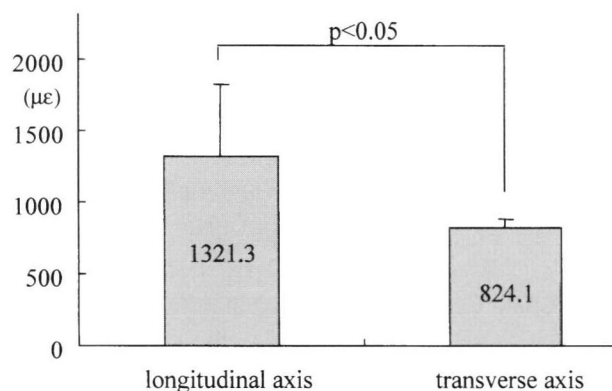


Fig. 5 The mean peak value of the index and the middle fingernails along longitudinal and transverse axes during pitching of the amateur players.

verse axis ( $824.1 \pm 56.2 \mu\epsilon$ ) (Mann-Whitney U test) (Fig. 5).

## 2. Professional players

The strain along only the longitudinal axis was measured in the professional baseball pitchers, because almost all fingernail injuries have been only in the transverse direction at the tip of the fingernail. Three of four professional players showed the higher peak strain in the middle finger than the index finger (including 3 players with a history of middle finger nail injury). There was no significant difference in the mean value of the peak strain along the longitudinal axis of either the index fingernail or middle fingernail between the professional players ( $1687.2 \pm 990.9 \mu\epsilon$ ) and the amateur players ( $1321.3 \pm 501.1 \mu\epsilon$ ) (Fig. 6).

## 3. History of fingernail injury

Five players had a history of middle fingernail injury. The ratio of the mean value of the peak strain along the longitudinal axis of the middle fingernail to that of the index fingernail of the patients with a history of middle fingernail injury was 137 %, and that of the patients without a fingernail injury was 97 %. However, the two patients who had sustained middle fingernail injury more than 10 times showed a higher

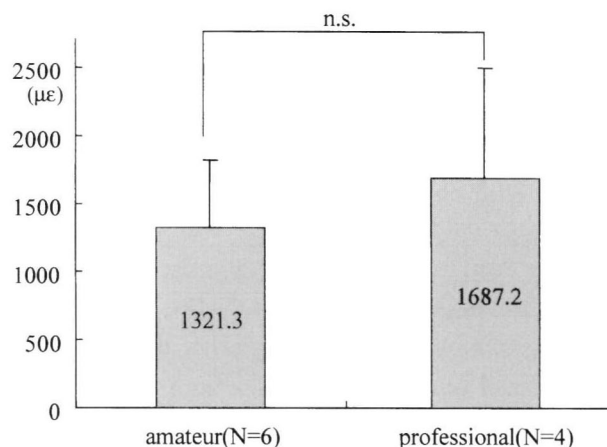


Fig. 6 The mean peak value of the index and the middle fingernails along longitudinal axis during pitching of the amateur and professional players.

ratio of peak strain along the longitudinal axis of the middle fingernail compared to that in the index fingernail (195 % and 170 %).

## Discussion

The mechanical properties of fingernail have been investigated, using removed nail, in a three-point bend device<sup>1)</sup>. However, there have been no reports on the strain in the fingernail during throwing performance. Fingernail injury is considered as a minor injury, and there is no effective treatment until nail growth. However, especially in baseball pitching, it can impair the sensitivity of the finger palp, and adversely affect pitching performance. Although previous studies have facilitated a better understanding of shoulder, elbow, and wrist kinematics during the pitching cycle<sup>2-4)</sup>, there have been no reports on the incidence, mechanism, and treatment of fingernail injury in baseball pitchers.

The high compressive strains on the fingernail along the longitudinal axis at ball release, which produce dorsal bending, may induce a transverse tear in the fingernail. The most common type of fingernail injury in baseball pitching is a transverse tear at the radial side of the middle fingernail (Fig. 1), since the

middle finger is usually longer than the index finger, and is exposed to higher stress at ball release. However, it is still unknown that this fingernail injury was induced by the repetitive dorsal bending or by the bending force exceeded maximum strength of the fingernail during a throwing.

The shape, length, curvature, thickness, and hardness of the fingernail will influence the strain during pitching. Forslind et al reported that the properties of fingernail were independent of both the radius of curvature and the direction of the curvature, but was directly dependent on the water content of the specimen<sup>1)</sup>. In the future, the influence of those factors on nail injury should be investigated.

## References

- 1) Forslind B et al : The rigidity of human fingernails : a biophysical investigation on influencing physical parameters. *Acta Derm Venereol*, 60 : 217–222, 1980.
- 2) Fleisig GS et al : Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *J Biomech*, 32 : 1372–1375, 1999.
- 3) Fleisig GS et al : Kinematics of baseball pitching with implications about injury mechanism. *Am J Sports Med*, 23 : 233–239, 1995.
- 4) Pappas AM et al : Wrist kinematics during pitching. *Am J Sports Med*, 23 : 312–315, 1995.

# 第11回 GOTS-JOSSM-KOSSM Traveling Fellowship 報告

広島大学医学部整形外科学教室

望月 由

## はじめに

2001年6月5日から7月1日までの約4週間、第11回 GOTS(ドイツ, スイス, オーストリア整形災害外科スポーツ医学会)-JOSSM(日本整形外科スポーツ医学会)-KOSSM(韓国整形外科スポーツ医学会) Traveling Fellowとしてドイツ, スイス, オーストリアの3カ国を訪問する機会をいただきました。日本からは島根医科大学整形外科の高尾昌人先生と私が、韓国からは Dankook 大学整形外科 Jin-Young Park 先生と Sungkyunkwan 大学 Samsung Medical Center 整形外科 Chul-Won Ha 先生の4名が派遣され、ドイツ→スイス→オーストリアと回り、最後にミュンヘンで GOTS Annual Meeting に出席して、計9都市を訪問しました。

これまでに、われわれの施設を訪問された Traveling Fellow の方々からヨーロッパにおける現状や問題点など多くの情報を得ることができました。そのたびに、実際にその臨床の場を見学し知見を深め、また将来の方向性を検討する機会をもちたいという希望を強くもっておりました。

しかし、出発前に届いたスケジュールをみて、そのハードな旅程を知り驚いてしまいました。さらに、各施設で口演をしなくてはならないことへの重圧から、不安に圧倒されてしまいました。そのため、ヨーロッパへと向かう10時間のフライトは不安に満ち、食べ物や飲み物が喉を通りにくい状態でした。また、訪問当初は1日が1週間くらいに感じられましたが、少しずつ余裕が出てきて、帰国後はいままでない収穫をこの訪問により得たことを実感しています。

以下に旅程にそって報告させていただきます。

## 訪問した各地の印象

### 1) フランクフルト 6月5日～6月7日

空港のゲートを出ると、昨年の Fellow であった

Dr. Hans-Peter Abt が私たちをすぐに見つけてくださいました。不安で一杯だった私たちはほっと安心し、そのまま市内見学をしてホテルへ直行しました。夕食の前に本年の GOTS Annual Meeting の President である Dr. Martin Engelhardt がフランクフルト大学を案内してくれました。フランクフルト大学は100年前に設立され、大学のロゴマークがゲートであることからゲート大学と呼ばれています。Dr. Engelhardt から口演はポイントをしっかり、しかもゆっくり話すようにとのアドバイスを受けました。Dr. Engelhardt も Dr. Abt もやさしく、非常に面倒見がよい先生方でした。安堵のうちに今回の訪問における最初の夕食となりましたが、そこでショッキングな話を聞き、再び大きな不安に包まれてしまいました。それは、「今回の Traveling Fellowship の前に、GOTS Meeting 全体として韓国や日本と手を組むのを止めて米国と手を組んだほうがよいという意見が出されたが、その意見を押しきって今回の Fellowship を行っている」ということでした。そのため、われわれの肩に大きなプレッシャーがのしかかってきました。当初は口演も詰まれば原稿を読んでもいいかと考えておりましたが、その話を聞いてからは、この Fellowship の存続をかけて全員が原稿なしでの口演を行えるように徹夜で暗記して努力しました。さて、翌朝6時30分からの口演は、徹夜の練習の甲斐があつて無事終了しました。そして、7時から手術を見学させていただきました。予定された10数例のなかで、膝関節と足関節の手術を見学しましたが、どの手術も迅速に行われておりました。股関節の手術に CT navigation system を導入しているのが印象的でした。また、ドイツ唯一の整形外科博物館も見学させていただき、その伝統の一端に触れることができました。高圧酸素療法室やリハビリテーションの施設も見学しました。リハビリテーションの施設は充実しており、さまざまな器械が所狭



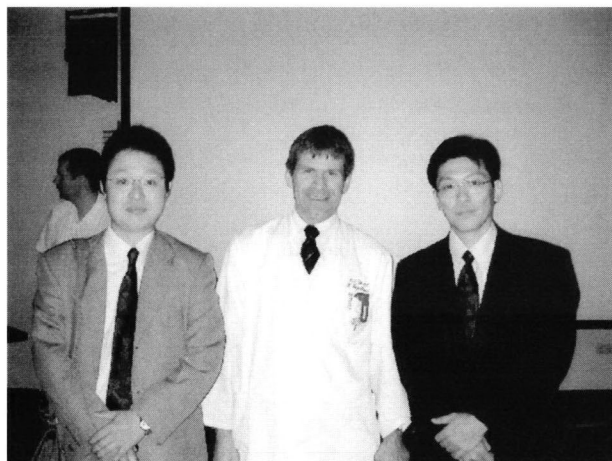


写真1 フランクフルト大学にて口演を無事終了して、  
左から、高尾先生、Dr. Engelhardt、私。

しと並んでおりました。また、免荷したまま行えるトレッドミルなどさまざまな工夫がなされていました。

## 2) ケルン 6月7日～6月9日

もともとカトリック教会の女僧の方々が設立されたドイツスポーツ大学ケルンでは、笑顔が素晴らしいDr. J. SchmidtとDr. T. Schneiderの2人のチーフとDr. R. Schmidt-Wiethoffおよびバイオメカニクス研究室のProf. G.P.BrueggemannとProf. H.J.Appellらが迎えてくれました。バイオメカニクスの研究室では体表のみならず体内の動きや変化をみて各組織への刺激を考える解析システムを見学させていただきました。手術は実際に手洗いをし肩関節の人工骨頭置換術(Hamburg type)の助手をさせていただきました。また、plastic ACL再建術という内固定材料を用いないユニークな膝の手術を含めて10数例を見学させていただきました。夕食では、初めて食べたアイスパインのボリュームに驚くとともに、スムーズにグラスごとお代わりされ、いつも冷えたビールが飲める“Kölsch”という地ビールに感動しました。最終日の移動の前に見学した大聖堂は大変素晴らしく、その荘厳さと歴史の深さから世界遺産に指定されていることも領けました。

## 3) ハンブルグ 6月9日～6月12日

今回のTraveling Fellowの企画をされたMs. Angelika M. Muellerと、スポンサーであるBNS MedicalのMr. Rainer BannenbergとMr. Andreas

Hogrefeらが迎えてくれました。今回のFellowshipが始まって最初の週末をハンブルグで迎えることになり、文化交流的な面が強い訪問となりました。市内観光やミュージカルに加え、市庁舎への公式訪問が予定されており、われわれの緊張を解きほぐそうという気配を感じました。市庁舎への公式訪問はGOTS Traveling Fellowでは最初であり、大変光栄なことであり、今後の良好なexchange systemの確立を希求しているという言葉を実長代理の方からいただきました。また、関節外科手術を専門にしているEndo Klinikを見学した後の夕食は今回のFellowshipで初めての日本食レストランでおいしい夕食をいただき、細やかな気配りに感心しました。

## 4) ベルリン 6月12日～6月16日

首都ベルリンはうわさに違わず広大な街で、端から端まで数十キロメートルあると市内見学の中で説明されるのも領けました。旧東ベルリンと旧西ベルリンでは雰囲気が異なり、旧東ベルリンは街並が狭く建物が暗いのですが、土地や施設の費用が割安なため施設や学生が旧西ベルリンから旧東ベルリンへ移動しているのだそうです。しかし、大都市でありながら河川や湖が数多く点在し、また緑も豊富なため世界の大都市のなかで最も空気がきれいな都市なのだそうです。そのベルリンでフンボルト大学ベルリンのProf. W. NoackとDr. Hein Kleihues, Dr. S. Albrecht, Dr. Stephan Simonらが迎えてくれました。絵画を趣味とし65歳で退職したら画家になるというProf. Noackを中心に、日常診療や手術が迅速に行われていました。足関節の鏡視下手術や反復性肩関節脱臼の手術を含めて10数例の手術を週3日行っていました。この施設では、人工股関節全置換術で表面コーティングされたshort neckのfemoral componentを好んで用いており、またロボットを用いて正確にリーミングする研究が臨床応用に向けて行われておりました。

旧東ベルリンにあるSortforum Hokerschonhaus(東ベルリンスポーツ医学研究所)では、歩行解析や筋電図を用いてバイオメカニクス関係の研究が盛んに行われておりました。

初日に、近隣のポツダムまで市内観光をした後で湖畔のレストランでいただいた夕食はまるで別天地にいるかのようで、大変リラックスできました。ま

た、船上ディナークルーズや国会議事堂の屋上レストランでの食事、ヨットハーバーのクラブでの夕食など訪問前に予想していた食生活とはまったく異なっておりました。ベルリンの前に訪問したフランクフルトやケルンでも同様に感じたのですが、ドイツでは食文化が進んでおり、ドイツ独特の風土料理もあればフランス料理やイタリア料理、中華や和食までさまざまな食文化を自由に堪能しており、文化的な豊かさが印象的でした。

また、夕食の際の会話の内容は、日本の捕鯨についてや、原爆、対米関係などの社会的問題から、日本の文化など話題の幅が広く、日頃から社会的あるいは文化的な教養をつけておく必要があると痛感した次第です。

#### 5) バーゼル 6月16日～6月21日

ベルリンから空路スイスのバーゼルに到着し、バーゼルの2つの病院とベルンの病院の計3カ所を訪問しました。

Kantonsspital BrudelholzではProf. Niklaus F. FriederichとDr. Marcus Sasse(前Fellow), Dr. Carsten Helfrich, Dr. Marcus Mullerらが迎えてくれました。肩の鏡視下手術や膝関節や股関節の人工関節など10数例を1日にこなしていました。この施設でとくに力を入れているのはCT画像を用いて人工股関節置換術の臼蓋側のリーミングを自動的に行うCT-assisted methodであり、かなり正確にリーミングができるもののセッティングに時間がかかるため、現在開発中とのことでした。

Kantonsspital BaselではDr. Beat Hintermann(前Fellow)とDr. Dirk Schafer(前Fellow), Prof. Dickらが迎えてくれました。Dr. Hintermannの足の手術を中心に肩の腱板や上腕骨近位端骨折の手術見学をしました。

そして、ベルンではBern Permanence-KlinikのDr. Biedert(前Fellow)が迎えてくれました。多彩な手技を用いて手術を行っていました。鎖骨偽関節に対してcancellous bone chipとbone pasteのallograftを行っていました。また膝蓋大腿関節不安定症に対して大腿骨外側顆形成術を行っていました。前十字靱帯の再建にはcornial graftと称した楔型に骨性部分を形成したBTB graftを行っていました。

その間、ユングフラウヨッホへの登山などのスポ



写真2 ベルリン郊外のポツダムにて。

左から、Dr. Simon、私、高尾先生、Prof. Noack、Dr. Ha、Dr. Hein Kleihues。

ーツアクティビティーも計画されておりました。“The Knee”の著者として世界的に高名なProf. Werner Muellerと夕食をともにさせていただく機会がありました。Mueller先生は、日本に滞在したときに接した日本の一般の人々のやさしさに感動したといわれ、日本人にとっても好印象をもたれておりました。

#### 6) インスブルック 6月21日～6月23日

Universitaetsklinik fuer UnfallchirurgieのDr. Gernot Sperner(前Fellow)とDr. Vincentが迎えてくれました。

窓からアルプスの山々を眺望できる手術室で、腱板損傷に対する広背筋移行術や反復性肩関節脱臼に対するcapsular shift法、上腕骨近位端骨折に対する逆行性の髄内釘固定などの手術を見学させていただきました。これまで訪問した施設のいずれもがそうでしたが、手術がはやく、また1つの手術が終了すると同時に次の手術がスタートできるようにセッティングされていました。また、驚いたことにこれまでに訪問した各施設でのできごとやわれわれFellowの情報などが詳しく伝えられており、各施設間で緊密な連絡を取り合っているものと感心した次第です。

#### 7) ウィーン 6月23日～6月26日

列車に揺られてウィーン駅に到着すると、すでにホームにWilhelminenspitalのDr. Klaus Dannと



写真3 ウィーンにて。

左から Dr. Kristen, 私, 高尾先生, Dr. Ha, Dr. Dann, Dr. Park.

SMZ DonauspitalのDr. Karl-Heinz Kristenが運搬用カートを持って出迎えてくれました。2人とも前Fellowであり、われわれを温かく迎えてくれました。到着したのが週末であったため、市内観光やミュージカルなど文化的な交流がまず計画されておりました。Dr. DannもDr. Kristenも自宅でランチに招いてくれたり、家族ぐるみで歓迎してくださいました。とくに、Dr. Dannは肩の鏡視下手術を専門にしており、手術手技やヨーロッパの肩の手術の流れなどを詳しくまた親切に教えてくださり、手術手技については互いの意見交換をすることができ大変有意義な時間をもつことができました。また、Dr. Dannはこれまでの日程で肩の鏡視下手術をあまり見学していないことを話すと、6月28日からミュンヘンで開催されるGOTS Annual Meetingの期間中に手術を予定しているので一緒に行こうと誘ってくださいました。誠に親切であり、自らが動いて歓迎する姿をみて、われわれも帰国後は積極的に参加しなくてはならないと考えさせられました。

#### 8) シュトラウビング 6月26日～6月28日

シュトラウビングではDr. Eichhornが迎えてくれました。彼のクリニックでは、1日に20数例の膝の手術が組まれておりました。手際よく手術が進められており、“Knee Factory”と呼ばれている所以だと思いました。また、手術見学の後で体験したbarbarian styleのパーティーの豪快さにはさらに大き

な驚きを感じました。

翌日は、Eden Rehaというリハビリ専門施設を見学しました。Neuro-muscular connectionをメインテーマにPNF手技を駆使する系統だった術後後療法が行われておりました。また、total quality managementを基本理念として、真にやろうとしている人々の集団だと認識しました。今回のFellowshipの前に疑問に思っていた、われわれの施設に必要なのは医療技術の改善なのか、あるいは医療環境の改善なのかという疑問の解答になると考えられました。すなわち、やる気をもって進むこと、やろうと努力することが大切だと痛感しました。

#### 9) ミュンヘン 6月28日～7月1日

ミュンヘンに到着するや否やpress meetingが予定されており、多数の新聞記者から取材を受けることになり、Fellow全員が驚いてしまいました。今回のFellowshipの最初にフランクフルトでPresidentであるDr. Engelhardtから「最後に君達を驚かせることがある」と聞かされていたのはこのことだったのかと納得する次第でした。その後GOTS Annual Meetingに参加しました。晩にはGOTS Annual Meetingのレセプションパーティーがミュンヘン市内の美しいイングリッシュガーデンで行われ、GOTS Meetingのネクタイやタイピンを贈呈され、単にFellowとして参加したのではなく、学会員の一員になったような一体感に包まれたのは私だけではなかったと思います。その後で、これまでのFellow経験者の方々のパーティーがありました。われわれはこのようにFellow同士の連絡をとりあったりしておらず、見習うべき点だと感心しました。

翌日、GOTS Annual Meetingで最後の口演が無事終了してから、PresidentのDr. Engelhardtが、これまでのFellowのなかで最高のメンバーであり、最高の口演だったと評価してくださいました。これにFellow全員で大変満足し、今後もこのFellowshipが存続すると確信した次第です。最終日には、昨年のFellowのDr. Dingerkusが自宅に招いてくださり朝食をご馳走していただいたうえに、観光まで夫婦と一緒に連れて行ってくださいました。学問だけでなく文化的な交流もはかられており、人々のものの考え方や生活習慣に直接触れることができました。

Dr. Dingerkusには最後に飛行機に搭乗するまで

飛行機会社と交渉していただいたりと大変お世話になりました。

## GOTS Traveling Fellowshipの印象

今回のFellowshipにおいて、メンバー全員が大きな病気やけがなどなく無事終了できたことが何よりの収穫であり、“brother”と呼び合えるほど仲のよい本当の兄弟のような関係がFellowの間にできたことは私の人生において大切な一頁になると思います。ドイツ語圏の人々のみならずアジアの同胞に友人をつくることができたことは大変意義深いことだと思っております。

このたびは、私が1番年長であったため、リーダーという大役を仰せつかりました。各都市でのスケジュールの調整やメンバー間の調整、切符の管理などをするのですが、1番大変だったことは毎日の夕食の際の挨拶でした。毎日の夕食は設定されており、その際にもてなしていただいた御礼と今後さらに良好な友好関係を築いていきたい旨などをメンバーを代表するというのですが、日本語での挨拶もままならない私には大変荷が重く感じられました。口演でさえも原稿を読もうかと考えていた私ですから、夕食の最中に何をいおうかと考えながら食事をするには大変な労力が必要でした。

しかし、今回のFellowshipで最も重要な存在は島根医科大学整形外科の高尾昌人先生でした。彼の人間性の豊かさにFellow全員が、また訪問先の医療関係者やその家族までもが惹かれて、訪問がスムーズに大過なく遂行できました。このように素晴らしい人間性を育む指導をなされておられる島根医科大学整形外科学教室教授の越智光夫先生に敬意を表したいと思います。

訪問前は、ドイツ語圏はどのような雰囲気なのか皆目見当が付きませんでした。実際に訪問してみると街並みや建物は大きく、ゴミなどなく大変きれ

いでした。また、食事はポテトとソーセージとビールだけではないかと危惧しておりましたが、食事のメニューは豊富でしかも大変おいしくいただきました。人々の雰囲気も厳格なイメージをもっておりましたが、自由な発想で思い思いに生きていることを認識いたしました。

## おわりに

今回のFellowshipでは大変貴重な経験をさせていただき、また多くの人々との出会いの機会をいただき、私の人生において忘れえぬものとなりました。非常に多くの手術を見学させていただきましたが、このような学問的な交流のみならず、文化的交流も、さらには人々が何をどのように考え、どのように生きているかという社会的な面にも触れさせていただき大変有意義であったと思っております。そのうえで、今回訪問させていただいて接することができた人々から感じたことは、人々が契約だけで割り切るのではなく、義理や人情なども理解し、われわれの感性に非常に近いのではないかということです。このような人々との出会いは、私の生涯において大変大きな財産になると思います。

このFellowshipは多くの人々に支えられていることを今回の訪問で改めて認識いたしました。これまでの歴史を築いた先輩方に心より感謝いたしますとともに、今後このFellowshipが末永く発展することを祈念いたします。

また、4週間にわたり大変お世話になった高尾先生と韓国のPark先生とHa先生に感謝いたします。

最後になりましたが、このような素晴らしい機会を与えていただきました、日本整形外科スポーツ医学会の先生方ならびに本Traveling Fellowshipに推薦していただきました生田義和教授に深謝いたします。



## 第11回GOTS-JOSSM-KOSSM Traveling Fellowship 報告

島根医科大学整形外科科学教室 高尾 昌人

### はじめに

2001年6月5日から7月1日まで、第11回GOTS(ドイツ、スイス、オーストリア整形災害外科スポーツ医学会)-JOSSM(日本整形外科スポーツ医学会)-KOSSM(韓国整形外科スポーツ医学会)Traveling Fellowとしてドイツ、スイス、オーストリアの3カ国を訪問する機会をいただきました。日本からは広島大学整形外科の望月由先生と私が、韓国からは Dankook 大学整形外科 Jin-Young Park 先生と Sungkyunkwan 大学 Samsung Medical Center 整形外科 Chul-Won Ha 先生の4名が派遣されて、計9都市を訪問しました。

### 訪問した各地の印象

#### 1) フランクフルト 6月5日～6月7日

今年のGOTS MeetingのPresidentであるDr. Martin EngelhardtとDr. Hans-Peter Abtらが迎えてくれました。2人は前Fellowであり、最初の訪問地で緊張している私たちをリラックスさせるため、ハイデルベルグ観光やスタッフ達とのバーベキューパーティーを計画するなど細かな配慮をしていただきました。フランクフルト大学の整形外科博物館を見学しましたが、古くから整形外科で用いられていた治療機械など多くの貴重な資料の展示があり、その奥深い伝統の一端に触れることができました。

#### 2) ケルン 6月7日～6月9日

前FellowのDr. R. Schmidt-WiethoffとDr. T. Schneider, Dr. J. Schmidt, ドイツスポーツ大学ケルンのProf. G. P. Brueggemann, Prof. H. J. Appellらが迎えてくれました。ドイツスポーツ大学ケルンでは、最新の機械を使ったスポーツシューズと走行パターンの解析などを見学しました。Prof. Brueggemannはアシックスのアドバイザーをしていたこともありスポーツシューズに対する造詣が深く、足を専門とする私には非常に参考になりました。

また、大聖堂の壮大さと“Kölsch”という地ビールの美味さには感動しました。

#### 3) ハンブルグ 6月9日～6月12日

今回のTraveling Fellowの企画をされたMs. Angelika M. Muellerと、スポンサーであるBNS Medical(ニベアクリーム of の会社)のMr. Rainer BannenbergとMr. Andreas Hogrefeらが迎えてくれました。ここでは観光がほとんどで、市内観光、ベートルズのミュージカル見学、船によるハンブルグ港周遊、市長の招待による旧市庁舎見学など楽しいひとときを送ることができました。

#### 4) ベルリン 6月12日～6月16日

フンボルト大学ベルリンのProf. Noack, Dr. Hein Kleihues, Dr. S. Albrecht, Dr. Stephan Simonらが迎えてくれました。ここで最も印象に残ったのは旧東ドイツ時代につくられたスポーツ関連施設です。建物は外からみるとお世辞にもきれいといえず、部屋と部屋をつなぐ廊下もベニヤ板で補強してあるようなありさまでしたが、研究室のなかの設備は素晴らしく、最先端の歩行解析機や生理機能解析機を使いさまざまな研究がされていました。整形外科領域では人工股関節全置換術において、ロボットを使って正確に骨切りを行う研究が進められており、こうした“Robotomy”に関する研究はドイツ各地の大学で盛んに行われていました。

#### 5) バーゼル 6月16日～6月21日

Kantonsspital BaselのDr. Beat Hintermann(前Fellow), Dr. Dirk Schafer(前Fellow), Prof. Dick, Kantonsspital BrudelholzのProf. Niklaus F. Friederich, Dr. Marcus Sasse(前Fellow), Dr. Carsten Helfrich, Dr. Marcus Muller, Bern Permanence-KlinikのDr. Biedertらが迎えてくれました。今回のTraveling Fellowshipで私が最も楽しみにしていたのがDr. Hintermannにお会いできることでした。Dr. Hintermannは足の外科において世



写真1 Dr. Hintermannをかこんで。  
左から、望月先生、Dr. Park、Dr. Hintermann、  
私、Dr. Ha。



写真2 インスブルックHafelekar頂上にて。  
左から、Dr. Park、私、Dr. Ha、望月先生。

界的に有名な先生で、Foot & Ankle Internationalの associated foreign editorでもあります。独自の人工足関節(Hintegra)や足関節のrotational instability theoryについてプレゼンテーションを受けました。さらに、私の研究課題である遠位胫腓靭帯損傷の診断や治療についてもいろいろアドバイスをいただきました。また、故新名正由先生が日本語に翻訳された“膝”の著者であるProf. Werner Muellerと夕食をとる機会があり、以前日本を訪問した際の思い出話をしてくださいました。先生は日本人にとっても好印象をもたれているようでした。

#### 6) インスブルック 6月21日～6月23日

Universitaetsklinik fuer UnfallchirurgieのDr. Gernot Sperner(前Fellow)とDr. Vincentが迎えてくれました。オーストリアではOrthopaedicianとTraumatologistは区別されており、共通の疾患に関してはどちらの科がみるのかしばしばトラブルになるそうです。窓からはアルプスの山々をみることができる素晴らしい環境の手術室で、いくつかの外傷の手術を見学しました。また、dinnerで飲んだ“シナプス(スピリッツの一種)”は頭がクラクラするほど強烈で美味でした。

#### 7) ウィーン 6月23日～6月26日

SMZ DonauspitalのDr. Karl-Heinz KristenとWilhelminenspitalのDr. Klaus Dannが迎えてくれました。2人とも前Fellowであり、自宅でランチに招

いてくれたり、奥さんとともにショッピングにつきあってくれたりと、家族ぐるみでわれわれを歓迎してくださいました。

#### 8) シュトラウビング 6月26日～6月28日

Dr. Eichhornが迎えてくれました。彼の経営するプライベートクリニックでは、1日に約20件の膝の手術を行っており、別名“Knee Factory”と呼ばれています。手術翌日には退院し、近くのEden Rehaというリハビリ専門施設で術後療法を行うのですが、PNFを取り入れた系統立った術後療法が行われていました。この施設のリハビリ医であるDr. Helmut Hoffmannは、術後成績の50%は術後のリハビリテーションによって左右されると話されていました。

#### 9) ミュンヘン 6月28日～7月1日

前FellowのDr. Dingerkusと前出のMs. Muellerが迎えてくれました。GOTSのAnnual Meetingはほぼ毎年ここミュンヘンで行われています。今回、われわれも発表の機会をいただき、私は遠位胫腓靭帯損傷の関節鏡診断について発表しました。忙しい学会のあいまに、われわれを朝食に招いてくださったのみでなく、ご夫婦でLinderhof城観光に連れて行ってくださったDr. Dingerkusには本当に感謝しています。



## 望月先生, Dr. Park, Dr. Ha

私がこのTraveling Fellowshipを滞りなく終えることができたのは望月先生のおかげです。私は海外留学の経験もなく英会話にも自信がないため、出国前にはこれまで経験したことのないほどのプレッシャーを感じていました。望月先生はそんな私を越智光夫教授という共通の師をもつ兄弟弟子ということもあり、卓越した英会話能力と抜群のリーダーシップにより常にfollowして下さいました。各訪問先でのdinnerでは毎回4人を代表して挨拶をして下さり、ホストの先生方も素晴らしいスピーチを絶賛されていました。帰国後も折りにつけ声をかけて下さり、本当の兄ができたように思っています。また、Dr. ParkとDr. Haとは当初から何の違和感もなく交流でき、彼らの部屋ではしばしばソジュン(韓国の焼酎)を酌み交わし、激辛のカップラーメンをすすりながら熱く語り合いました。旅の途中からはお互いに“brother”と呼びあうほど仲よくなり、各訪問先ではわれわれのチームワークのよさをいつも誉めていただきました。このような素晴らしい“兄弟”ができたことは私にとって今回最大の収穫でした。

## 次期Fellowの先生方へのアドバイス

日本とドイツとの時差は8時間あります。また、この時期のヨーロッパは日の出がAM 6:00頃、日の入りがPM 10:00頃と日照時間が長く、さらに、訪問先のホストの先生方とのdinnerはPM 7:00か

ら12:00頃まで連日続きます。したがって、体調不良に陥りやすいので胃薬などの持参薬は必須です。また、日本茶やみそ汁のパックや梅干しは体調を整えるのみでなく、訪問先の人々とのコミュニケーションにも有効なグッズです。また、ほとんどのホテルにはお湯がありませんので、電気湯沸かし器を持っていくと便利です。さらに、各訪問先ではいろいろ贈り物をいただきます。その際、ホストの先生方にも贈り物を準備していたほうがよいと思います(私は風呂敷を用意しました)。

## おわりに

このTraveling Fellowに参加するまで、私にはドイツ語圏の国々や韓国についての知識はほとんどなく、それらは遠い存在でした。しかし、今ではぐっと身近なものとなり、新聞やテレビなどでもそれらの国々のニュースに興味をもってみるようになりました。日本人以外とはほとんど会話もしたことのない私にとって、異国の人々と交流することはとても新鮮で、それぞれの医療や文化に触れることができたのは貴重な経験となりました。この経験を今後の診療や研究に生かしていきたいと考えています。

最後になりましたが、このような素晴らしい機会を与えて下さいました日本整形外科スポーツ医学会の先生方、ならびに本Traveling Fellowに推薦していただきました越智光夫教授に深謝いたします。

# Japanese Journal of ORTHOPAEDIC SPORTS MEDICINE



会則 .....	67
名誉会員・特別会員，理事，監事，評議員名簿 ..	72
各種委員会 .....	73
学術集会について .....	74
学会開催のお知らせ .....	75

**日本整形外科スポーツ医学会**



# 日本整形外科スポーツ医学会会則

---

## 第 1 章 総 則

- 第 1 条 名称  
本会の名称は、日本整形外科スポーツ医学会(The Japanese Orthopaedic Society for Sports Medicine) 略称、JOSSM という  
以下、本会という

- 第 2 条 事務局  
本会の事務局は、理事会の議により定めた場所に置く

## 第 2 章 目的および事業

- 第 3 条 目的  
本会は、整形外科領域におけるスポーツ医学並びにスポーツ外傷と障害の研究の進歩・発展を目的とし、スポーツ医学の向上とスポーツの発展に寄与する

- 第 4 条 事業  
本会は、第 3 条の目的達成のために次の事業を行なう
- 1) 学術集会の開催
  - 2) 機関誌「日本整形外科スポーツ医学会雑誌」(Japanese Journal of Orthopaedic Sports Medicine)の編集・発行
  - 3) 内外の関係学術団体との連絡および提携
  - 4) その他、前条の目的を達成するために必要な事業

## 第 3 章 会 員

- 第 5 条 会員の種類  
本会の会員は、次のとおりとする
- 1) 正 会 員 本会の目的に賛同し、所定の登録手続きを行なった医師
  - 2) 準 会 員 本会の目的に賛同し、所定の登録手続きを行なった正会員以外の個人
  - 3) 特別会員 現在および将来にわたり本会の発展に寄与する外国人医師
  - 4) 名誉会員 本会の発展のために、顕著な貢献をした正会員および外国の医師のうちから、理事長が理事会および評議員会の議を経て推薦する者
  - 5) 賛助会員 本会の目的に賛同し、所定の手続きを行なった個人または団体
  - 6) 臨時会員 上記 1 ～ 4 の会員ではなく、本会の学術集会に出席し、会場費を支払った個人または団体
- 会員期間は、その学術集会の期間とするが、そこで発表した内容を機関誌に投稿する場合は共著者となることができる

- 第 6 条 入会  
本会の正会員、準会員または賛助会員として入会を希望するものは、所定の用紙に記入の上、会費をそえて、本会事務局に申し込むものとする  
入会資格は別に定める  
但し、特別会員および名誉会員に推薦された者は、入会の手続きを要せず、本人の承諾をもって、会員となりかつ会費を納めることを要しない

- 第7条 退会  
1) 会員が退会しようとするときは、本会事務局に届けなければならない  
2) 会費を2年以上滞納した場合には、退会したものとみなす
- 第8条 除名  
本会の名誉を傷つけ、また本会の目的に反する行為のあった場合、理事会は会員を除名することができる

## 第4章 役員，評議員

- 第9条 役員  
本会には、次の役員を置く  
1) 理事 10名以上15名以内（うち理事長1名、常任理事1名）  
2) 監事 2名
- 第10条 役員の選出  
1) 理事および監事は、別に定めるところにより評議員の中から選出し、総会の承認を要する  
2) 理事長は、理事会において理事の互選により選出する  
3) 常任理事は理事長の指名により理事会において決定する
- 第11条 役員の実務  
1) 理事長は、会務を統括し本会を代表する  
2) 理事は、理事会を組織し重要事項を審議、決定する  
3) 常任理事は、理事長を補佐するほか、事務局を統括し常務を処理する  
4) 監事は、本会の会計および会務を監査する
- 第12条 役員の実期  
役員の実期は1期3年とし、再任は妨げない  
但し、連続して2期6年を越えることはできない
- 第13条 評議員  
1) 本会には50名以上150名以内の評議員を置く  
2) 評議員は正会員の中から選出する  
3) 評議員は評議員会を組織して、本会役員の実出を行なうほか、理事会に助言する  
4) 評議員の実期は3年とし、再任は妨げない

## 第5章 委員会

- 第14条 委員会  
理事会は必要に応じて、委員会を設けることができる

## 第6章 会 議

- 第15条 理事会  
1) 理事会は理事長がこれを召集し、主宰する  
2) 会長は理事会に出席できる
- 第16条 総会および評議員会  
1) 総会は正会員および準会員をもって組織する

- 2) 総会および評議員会は、それぞれ年1回学術集会開催中に開催する
- 3) 総会および評議員会の議長は、理事長または、理事長の指名した者とする
- 4) 臨時総会および臨時評議員会は必要に応じて、理事長がこれを召集できる

## 第7章 学術集会

### 第17条 学術集会

- 1) 学術集会は年1回開催し、会長がこれを主宰する
- 2) 会長、次期会長は理事会の推薦により、評議員会および総会の承認を経て決定する
- 3) 学術集会での発表の主演者および共同演者は、原則として本会の正会員および準会員に限る

## 第8章 会費および会計

第18条 正会員、準会員および賛助会員の年会費は別に定める

第19条 本会の経費は会費、および寄付金その他をもってこれに当てる

第20条 本会の目的に賛同する個人および団体から寄付金を受けることができる

第21条 本会の収支予算および決算は理事会の決議を経て評議員会、総会の承認を得なければならない

第22条 既納の会費は、これを返還しない

第23条 本会の会計年度は、4月1日に始まり、翌年の3月31日に終わる

## 第9章 附 則

第24条 本会則の改正は、評議員会において、出席者の過半数以上の同意を必要とし、総会の承認を要する

当分の間、本会の事務局は名古屋市天白区音聞山1013  
有限会社ヒズ・ブレイン内に置く

附 記 本会則は、昭和57年6月5日から施行する  
本改正会則は、昭和63年4月1日から施行する  
本改正会則は、平成4年6月1日から施行する  
本改正会則は、平成6年6月17日から施行する  
本改正会則は、平成9年5月17日から施行する  
本改正会則は、平成10年9月12日から施行する  
本改正会則は、平成12年5月20日から施行する



# 日本整形外科スポーツ医学会 入会資格および年会費に関する細則

---

第1条 日本整形外科スポーツ医学会会則第6条ならびに第18条によりこの細則を定める

(入会資格および手続き)

第2条 正会員になろうとする者は、下記の事項を具備することを要する

- 1) 日本国の医籍登録番号を有すること
- 2) 所定の入会申込書に所要事項を記載し、署名して学会事務局へ提出すること
- 3) 評議員1名の推薦を得ること

第3条 準会員になろうとする者は、下記の事項を具備することを要する

- 1) 所定の入会申込書に所要事項を記載し、署名して学会事務局へ提出すること
- 2) 評議員2名の推薦を得ること

第4条 賛助会員になろうとする者は、下記の事項を具備することを要する

- 1) 所定の入会申込書に所要事項を記載し、署名押印して学会事務局へ提出すること
- 2) 評議員2名の推薦を得ること

(入会の承認)

第5条 第2条、第3条ならびに第4条による所定の手続きを行なったものは、理事会の審議を経て入会の可否が決定される

(会費の納入)

第6条 入会の許可を受けた者は直ちに当該年度の年会費を納入しなければならない

第7条 年会費は、下記の通りとする

正会員：12,000円、準会員：6,000円、賛助会員：50,000円以上

第8条 会費は、当該年度に全額を納入しなければならない

(会員の権利および義務)

第9条 正会員は下記の権利および義務を有する

(権利)

- 1) 本学会が刊行する機関誌および図書等の優先的頒布を受けること
- 2) 総会、学術集会、その他本学会が行なう事業への参加ができること
- 3) 機関誌への投稿、および学術集会への出題・応募ができること
- 4) その他本学会の会則および細則に定められた事項

(義務)

- 1) 会費を納入すること
- 2) 総会の議決を尊重すること
- 3) 住所、氏名、学会機関誌送付先等に変更のある場合は速やかに事務局へ届出ること

- 第10条 準会員は下記の権利および義務を有する  
(権利)
- 1) 本学会が刊行する機関誌および図書等の優先的頒布を受けること
  - 2) 総会，学術集会への参加ができること
  - 3) 機関誌への投稿，および学術集会への出題・応募ができること
  - 4) 準会員は役員・評議員等の選挙権および被選挙権を有しない
- (義務)
- 1) 会費を納入すること
  - 2) 総会の議決を尊重すること
  - 3) 住所，氏名，学会機関誌送付先等に変更のある場合は速やかに事務局へ届出ること
- 第11条 賛助会員は下記の権利および義務を有する  
(権利)
- 1) 本学会が刊行する機関誌および図書等の優先的頒布を受けること
  - 2) 学術集会への参加ができること
  - 3) 賛助会員は総会での議決権，役員・評議員等の選挙権および被選挙権を有しない
- (義務)
- 1) 会費を納入すること
  - 2) 総会の議決を尊重すること
  - 3) 住所，氏名，学会機関誌送付先等に変更のある場合は速やかに事務局へ届出ること
- 附 則
- 1 この細則の変更は理事会で行ない，評議員会，総会の承認を要する
  - 2 この細則は平成12年5月20日から施行する

## 名誉会員・特別会員

青木 虎吉  
赤松 功也  
東 博彦  
阿曾沼 要  
今井 望  
榊田喜三郎  
白井 康正

鈴木 良平  
高岸 直人  
津山 直一  
輦田 幸徳  
鳥山 貞宜  
丹羽 滋郎  
初山 泰弘

林 浩一郎  
茂手木三男  
渡辺 好博  
Bernard R. Cahill  
Wolf-Dieter Montag  
W. Pforringer  
George A. Snook

## 理事

◎井形 高明  
生田 義和  
○石井 清一

黒澤 尚  
田島 直也  
富田 勝郎

中嶋 寛之  
原田 征行  
圓尾 宗司

武藤 芳照  
守屋 秀繁

◎理事長 ○常任理事

## 監事

霜 礼次郎

## 評議員

青木 治人  
阿部 正隆  
天野 正文  
有馬 亨  
一戸 貞文  
井樋 栄二  
伊藤 博元  
伊藤 恵康  
井上 一  
今井 立史  
今給黎篤弘  
入江 一憲  
岩本 英明  
上崎 典雄  
内田 淳正  
内山 英司  
大久保 衛  
大越 康充  
大槻 伸吾  
大場 俊二  
岡崎 壮之  
岡村 良久  
奥脇 透  
越智 隆弘  
越智 光夫  
柏口 新二  
加藤 公

加藤 哲也  
金谷 文則  
河合 伸也  
川上 照彦  
川口 宗義  
菊地 臣一  
城所 靖郎  
木村 雅史  
栗山 節郎  
黒坂 昌弘  
古賀 良生  
腰野 富久  
小林 良充  
小山 由喜  
斎藤 明義  
斎藤 知行  
酒井 直隆  
左海 伸夫  
酒井 宏哉  
阪本 桂造  
桜庭 景植  
佐々木 良介  
佐藤 光三  
史野 根生  
四宮 謙一  
柴田 大法

清水 卓也  
下條 仁士  
須川 勲  
菅原 誠  
杉田 健彦  
勝呂 徹  
高尾 良英  
高木 克公  
高岸 憲二  
高倉 義典  
高原 政利  
高良 宏明  
瀧川宗一郎  
竹下 満  
竹田 毅  
田島 寶  
立花 陽明  
田中 寿一  
田渕 健一  
辻野 昭人  
土屋 明弘  
土屋 正光  
筒井 廣明  
豊島 良太  
戸松 泰介  
富永 積生

中島 育昌  
長野 芳幸  
中村 孝志  
中山 義人  
成田 哲也  
成田 寛志  
仁賀 定雄  
乗松 敏晴  
乗松 尋道  
馬場 久敏  
濱 弘道  
浜田 良機  
平澤 泰介  
廣橋 賢次  
福田 眞輔  
福田 宏明  
福林 徹  
富士川 恭輔  
藤澤 幸三  
古府 照男  
別府 諸兄  
星川 吉光  
堀川 哲男  
本庄 宏司  
増島 篤  
松井 宣夫

松崎 昭夫  
松末 吉隆  
松本 学  
三木 英之  
宮川 俊平  
宮永 豊  
村上 元庸  
森 雄二郎  
森川 嗣夫  
安田 和則  
矢部 裕  
山賀 寛  
山岸 恒雄  
山田 均  
山村 俊昭  
山本 謙吾  
山本 博司  
横江 清司  
吉田 宗人  
吉松 俊一  
米延 策雄  
龍 順之助  
若野 紘一  
和田 佑一  
渡辺 幹彦  
渡會 公治  
(敬称略)

## 各種委員会

◎担当理事    ○委員長

### 編集委員会

◎原田 征行	下條 仁士	戸松 泰介	安田 和則
青木 治人	高岸 憲二	仁賀 定雄	
柏口 新二	○高倉 義典	浜田 良機	
木村 雅史	竹田 毅	増島 篤	

### 学術検討委員会

◎守屋 秀繁	越智 光夫	桜庭 景植	○富士川恭輔
岩本 英明	菊地 臣一	史野 根生	

### 広報委員会

◎中嶋 寛之	酒井 宏哉	菅原 誠	三木 英之
入江 一憲	須川 勲	○田中 寿一	

### 国際委員会

◎生田 義和	黒坂 昌弘	阪本 桂造	○福林 徹
◎田島 直也	斎藤 知行	成田 寛志	別府 諸兄

### 教育研修委員会

◎武藤 芳照	○岡崎 壮之	左海 伸夫	横江 清司
大久保 衛	栗山 節郎	宮永 豊	

### 社会保険問題委員会

◎圓尾 宗司	今給黎篤弘	乗松 敏晴	○龍 順之助
今井 立史	田島 寶	藤澤 幸三	

# 学術集会について

---

## 第29回日本整形外科スポーツ医学会学術集会

会 期：2003年7月17日(木)・18日(金) 学術集会  
19日(土) スポーツアクティビティ(予定)  
※ゴルフ・テニスなど

会 場：軽井沢プリンスホテル  
〒389-0193 長野県北佐久郡軽井沢町軽井沢

お問合せ先：〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-7-1  
東京医科大学整形外科学教室内  
第29回日本整形外科スポーツ医学会学術集会事務局  
TEL 03-3342-6111 (内線5862) / FAX 03-3342-5295

第29回日本整形外科スポーツ医学会学術集会  
会長 今給黎 篤弘  
(東京医科大学整形外科学教室)

# 学会開催のお知らせ

## 第98回中部日本整形外科災害外科学会 開催のご案内

演題募集は終了いたしました。多数の演題応募をいただきありがとうございました。  
学術集会への皆様のご参加を心よりお待ちしております。

会長 内田 淳正  
(三重大学医学部整形外科学教室)

会 期：2002年4月4日(木)・5日(金)  
会 場：四日市市文化会館 〒510-0075 四日市市安島2丁目5-3

### 特別記念講演：日整会教育研修単位申請中

「医史学からみた整形外科」 順天堂大学医史学 客員教授 酒井 シツ

### 三重教育セミナー(教育研修講演)：日整会教育研修単位申請中

- |                                    |               |       |
|------------------------------------|---------------|-------|
| ①「癌の免疫療法(仮)」                       | 三重大学内科学 教授    | 珠玖 洋  |
| ②「整形外科を受診する神経疾患 種類と診断・鑑別のポイント」     | 三重大学神経内科学 教授  | 葛原 茂樹 |
| ③「スポーツ競技における心理的ファクター」              | 三重大学精神神経科学 教授 | 岡崎 祐士 |
| ④「整形外科と免疫系—細胞融合制御の分子機構—」           | 三重大学微生物学 教授   | 伊藤 康彦 |
| ⑤「血栓形成の分子機構」                       | 三重大学分子病態学 教授  | 鈴木 宏治 |
| ⑥「膠原病リウマチ疾患の皮膚病変」                  | 三重大学皮膚科学 教授   | 水谷 仁  |
| ⑦「画像診断学の最近の進歩—マルチスライスCTとMRを中心として—」 | 三重大学放射線科学 教授  | 竹田 寛  |
| ⑧「疼痛発生の分子基盤」                       | 三重大学生理学第一 教授  | 富永 真琴 |
| ⑨「実験的脊髄再生の新展開」                     | 三重大学解剖学第一 教授  | 溝口 明  |
| ⑩「スポーツ選手の膝靱帯損傷(仮)」                 | 川口工業総合病院整形外科  | 仁賀 定雄 |
| ⑪「IT革命と障害者—整形外科医に望むもの—」            | 株式会社インテグラル    | 谷井 亨  |
| ⑫「糖尿病と足病変」                         | 北里大学内科学I      | 金森 晃  |

### 専門医必須講座：日整会教育研修単位申請中

1. 慢性関節リウマチの診断と治療
2. 軟部腫瘍の診断と治療
3. 手関節周辺の疼痛について—病態と対策—
4. 膝のスポーツ傷害
5. 腰部脊柱管狭窄症の診断と治療

この他、主題、症例検討、一般演題(口演およびポスター)を予定いたしております。  
下記のURLをご参照ください。

ホームページアドレス <http://square.umin.ac.jp/chusai98/>

【事務局】 〒514-8507 津市江戸橋2-174  
三重大学医学部整形外科学教室  
第98回中部日本整形外科災害外科学会  
TEL 059-231-5022 / FAX 059-231-5211  
E-mail chubu-98@clin.medic.mie-u.ac.jp

【問合せ先】 〒468-0063 名古屋市天白区音聞山1013  
有限会社ヒズ・ブレイン内  
第98回中部日本整形外科災害外科学会登録事務局  
TEL 052-836-3511 / FAX 052-836-3510  
E-mail hisbrain@now.or.jp



## 第13回日本臨床スポーツ医学会学術集会

会 期：2002年11月2日(土)，3日(日)

会 場：名古屋国際会議場

〒456-0036 名古屋市熱田区熱田西町1-1 TEL 052-683-7711(代)

メインテーマ：臨床スポーツ医学の新たな挑戦

### 主要プログラム(予定)

会長講演 「糖尿病運動療法の今日的課題」

### 教育講演

- I 「健康日本21」 太田壽城先生 国立療養所中部病院 院長
- II 「スポーツとメディカルチェック—特に整形外科領域について—」  
田島直也先生 宮崎医科大学整形外科 教授
- III 「スポーツ医学と遺伝子解析」  
田中雅嗣先生 (財)岐阜県国際バイオ研究所 部長
- IV 「リハビリテーション医学とスポーツ医学」  
間島 満先生 埼玉医科大学 教授
- V 「肥満・糖尿病の運動療法」 山之内国男先生 愛知医科大学内科 助教授

### シンポジウム

- I 「スポーツ医科学の最前線」 司会：大平充宣先生 大阪大学 教授  
大野秀樹先生 杏林大学 教授
- II 「生活習慣病の運動療法—理論から保険診療まで—」  
司会：山崎 元先生 慶應義塾大学 教授  
川久保清先生 東京大学 助教授
- III 「スポーツ外傷治療を考える」 司会：三浦隆行先生 名古屋大学 名誉教授
- IV 「スポーツ歯科医学の過去・現在・将来」  
司会：大山喬史先生 東京医歯大 教授

### その他

ワークショップ・ランチョンセミナー  
一般演題(口演，ポスター)  
公開市民講座

### 演題募集

一般演題および症例報告を募集いたします。募集要項は日本臨床スポーツ医学会誌10巻1号に掲載予定です。今回もインターネットでの申込のみとなります。詳細は追ってお知らせします。

第13回日本臨床スポーツ医学会学術集会  
会長 佐藤 祐造  
(名古屋大学総合保健体育科学センター)

---

## 第14回日本臨床スポーツ医学会学術集会

会 期：2003年11月15日(土)・16日(日)(予定)

会 場：幕張メッセ

〒261-0023 千葉県美浜区中瀬2-1

TEL 043-296-0001

第14回日本臨床スポーツ医学会学術集会

会長 守屋 秀繁

(千葉大学医学部整形外科学教室)

---

JAPANESE JOURNAL OF ORTHOPAEDIC SPORTS MEDICINE  
2001 · VOL.21.NO.4

**CHIEF EDITOR**

YOSHINORI TAKAKURA,M.D.

**MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD**

HARUHITO AOKI,M.D.	SHINJI KASHIWAGUCHI,M.D.
MASASHI KIMURA,M.D.	HITOSHI SHIMOJO,M.D.
KENJI TAKAGISHI,M.D.	TSUYOSHI TAKEDA,M.D.
TAISUKE TOMATSU,M.D.	SADAO NIGA,M.D.
YOSHIKI HAMADA,M.D.	ATSUSHI MASUJIMA,M.D.
KAZUNORI YASUDA,M.D.	

---

THE JAPANESE ORTHOPAEDIC SOCIETY FOR SPORTS MEDICINE  
% His Brains, Inc. 1013 Otokikiyama, Tempaku-ku, Nagoya, 468-0063, JAPAN

---

---

「日本整形外科スポーツ医学会雑誌」VOL.21. NO.4

2001年12月31日 発行  
発行／日本整形外科スポーツ医学会

---