

講座 スポーツ整形外科学

3

Comprehensive Handbook
of Orthopaedic Sports Medicine

下肢の スポーツ外傷・障害

[大腿・膝関節・下腿・足関節・足部]

編集●近藤英司 北海道大学

総編集●松本秀男 日本スポーツ医学財団

編集委員●池上博泰 東邦大学

近藤英司 北海道大学

西良浩一 徳島大学

中山書店

シリーズ刊行にあたって

近年、競技スポーツのレベルは著しく向上し、アスリートに要求される身体能力も複雑になっている。また、一般市民を対象とした生涯スポーツも推奨され、健康スポーツ人口も増加、高齢化している。これに伴い、スポーツ外傷や障害も増加し、さらに多様化しており、「スポーツ整形外科」が益々重要になってきている。

スポーツ活動での高いパフォーマンスの維持を重要な使命とするスポーツ整形外科は、外傷や障害の予防、また治療方針決定においても一般の整形外科とは異なる特徴をもつ。すなわち、整形外科そのものを熟知するとともに、アスリートの特殊性、各スポーツ種目の特徴、さらに整形外科以外の幅広い知識も要求される。同じ外傷や障害であっても、競技種目の特性や競技レベルに応じて、予防的アプローチが異なるし、治療方法が異なる場合もある。すなわち、スポーツ復帰や継続を常に見据えた予防、治療が「スポーツ整形外科」の真骨頂である。

本シリーズ《講座 スポーツ整形外科学》は、そうしたスポーツ整形外科診療をサポートする実践書として、「スポーツ整形外科学」の基礎と臨床のすべてを全4巻で構成した。第1巻『整形外科医のためのスポーツ医学概論』では、まずスポーツ整形外科の基本的な考え方や予防、治療の原則、さらには研究手法などの基本を解説した。次いでスポーツ現場や帯同時の外傷や障害に対する準備と対応等、スポーツ整形外科ならではの必須知識を解説した。さらにスポーツ整形外科医として、スポーツ現場や帯同時に必ず必要になる整形外科領域以外の外傷や障害などの基本的な知識を解説した。第2巻では『上肢のスポーツ外傷・障害』、第3巻では『下肢のスポーツ外傷・障害』、第4巻では『体幹のスポーツ外傷・障害』として、それぞれの部位に生じるスポーツ外傷と障害を、ほぼもれなく解説した。スポーツ外傷や障害では、その予防がきわめて大切であり、いずれの外傷や障害についても予防のためのトレーニング等を含めて紹介している。さらに、治療については単に日常生活に復帰するばかりでなく、スポーツ復帰を念頭に置いて解説した。

どの巻においても現在スポーツ医学それぞれの領域の第一線で活躍する先生方に執筆を依頼し、図や写真を多く用いることにより、視覚的にも理解しやすいように工夫した。本書が、スポーツ整形外科を実践する方々、そしてこれから目指す方々の「常に手元に置いておきたい書」になれば本望である。

2021年5月

公益財団法人 日本スポーツ医学財団

松本秀男

序

人々の豊かで楽しい生活のためにスポーツの果たす役割は重要である。2011年に制定された「スポーツ基本法」では、「スポーツは世界共通の人類の文化である」、「スポーツを通じて国民が幸福で豊かな生活を営むことは、全ての人々の権利である」と基本理念に示されている。

近年、競技スポーツや生涯スポーツの普及、および平均寿命の延伸などによりスポーツは多様化し、アスリートはもとより子供から高齢者まで広くスポーツが行われるようになった。その結果、スポーツ外傷・障害も多様化し、増加している。スポーツ整形外科では、トップアスリートだけではなくあらゆる人々のスポーツや身体活動が困難となったときに、それぞれが求めるレベルへの復帰を支援するためにスポーツ医学領域の最先端医療技術に基づいて適切な診療を行わなくてはならない。

《講座 スポーツ整形外科学》シリーズは、そうしたスポーツ整形外科診療をサポートする実践書として、スポーツ整形外科の基礎と臨床のすべてを全4巻で構成している。本書、第3巻『下肢のスポーツ外傷・障害』では、スポーツ活動に伴い、走る、跳ぶなどの繰り返される動作により、スポーツ外傷および障害が最も発生しやすい大腿、膝関節、下腿、足関節および足部における各スポーツ外傷・障害の診断と治療の実際を視覚的にもわかりやすく解説した。とくに実際のスポーツ現場における診断の進め方、競技特性を考慮した予防的アプローチ、スポーツ復帰をめざした治療の進め方、競技復帰に向けてのポイントなどについて重点をおいた。

執筆陣は、本邦を代表する第一線のスポーツ整形外科医であり、お忙しい先生方の貴重な時間を割いていただき本書を執筆していただいた。この場をお借りして心より感謝を申しあげたい。スポーツ整形外科を志す学生および専攻医、スポーツ現場で活躍されているメディカルスタッフ、さらにスポーツ医学を専門とされている整形外科の先生方にも必読の書であることを確信し、多くの読者の診療の一助になることを願いたい。

2021年5月

北海道大学病院スポーツ医学診療センター
近藤英司

目次

1章 スポーツによる大腿の外傷・障害

大腿骨疲労骨折	亀山 泰, 熊澤雅樹	2
大腿部の筋腱損傷	立石智彦	9
大腿部の肉離れ	奥脇 透	15
骨化性筋炎	中村光孝	22

2章 スポーツによる膝関節の外傷・障害

前十字靱帯損傷	近藤英司, 遠山晴一, 安田和則	28
前十字靱帯裂離骨折	小林 秀, 二木康夫, 原藤健吾, 神作悦子	39
後十字靱帯損傷	前 達雄, 木村佳記, 中田 研	43
後十字靱帯脛骨裂離骨折	井上雅之	50
内側側副靱帯損傷	古賀英之	57
後外側構成体損傷（複合靱帯損傷）	荒木大輔, 黒田良祐	63
半月板損傷	古松毅之	70
円板状半月板損傷	中前敦雄, 安達伸生	78
膝関節脱臼	木村由佳, 石橋恭之	83
近位脛腓関節脱臼・亜脱臼	吉矢晋一	92
膝蓋骨脱臼・亜脱臼	野村栄貴	96
タナ障害	飯澤典茂, 眞島任史	104

ジャンパーズ膝	津田英一	108
Osgood-Schlatter 病（オスグッド病）	中瀬順介，土屋弘行	114
有痛性分裂膝蓋骨	出家正隆	120
腸脛靱帯炎	原藤健吾，神作悦子，二木康夫	122
鷺足炎（鷺足滑液包炎）	遠山晴一，寒川美奈，石田知也	127
離断性骨軟骨炎	中川泰彰，向井章悟	134
関節軟骨損傷	石川正和，安達伸生	140
変形性膝関節症	松田秀一	146
膝蓋大腿関節症	岡崎 賢	153
膝蓋骨骨折	圓尾明弘	160
脛骨粗面裂離骨折	大西慎太郎，水野貴文，中山 寛	167
脛骨プラトー骨折	大森 豪	174

3章 スポーツによる下腿の外傷・障害

脛骨骨幹部骨折	土田芳彦	182
脛骨疲労骨折	櫻庭景植	188
シンスプリント	高橋敏明	195
下腿コンパートメント症候群	柳下和慶	199
筋痙攣	出沢 明	204
腓腹筋肉離れ	吉田圭一，金子晴香，石島旨章	211
アキレス腱断裂	眞田高起	217
アキレス腱症	松井智裕，佐竹勇人，熊井 司	225
腓骨筋腱脱臼	生駒和也	233

足関節果部骨折	松井健太郎	240
足根骨骨折	林 宏治	248
距骨骨軟骨損傷	中佐智幸, 生田祥也, 安達伸生	252
足趾・中足骨骨折	早稲田明生	257
足関節・足部の疲労骨折	杉本和也, 磯本慎二	264
Jones 骨折	萩内隆司	270
足関節捻挫	栃木祐樹	276
足関節外側靱帯損傷	大関 寛	282
三角靱帯損傷	高尾昌人, 大関 寛	291
遠位脛腓靱帯損傷	黒川紘章	296
足関節インピンジメント症候群	秋山 唯, 仁木久照	304
衝突性外骨腫	篠原靖司	310
有痛性三角骨	吉村一朗	317
踵骨骨端炎	入江一憲, 松田匠生, 鈴川仁人	321
第 1 Köhler 病	鳥居 俊	328
Freiberg 病	宮本 亘, 安井洋一, 三木慎也	331
足底腱膜炎	小野寺智洋	335
Lisfranc 靱帯損傷	平野貴章	340
外脛骨障害	殿谷一朗	344
外反母趾	田中康仁	349
母趾種子骨障害	安井哲郎	355
その他の種子骨・過剰骨障害	竹島憲一郎, 須田康文	360
陥入爪・爪下血腫	糸田瑞央, 菅原 誠	366

■ スポーツ種目別にみる外傷・障害

五十音順, () 内は掲載頁

アイスホッケー	遠位脛腓靱帯損傷 (296)
アメリカンフットボール	遠位脛腓靱帯損傷 (296) 関節軟骨損傷 (140) 筋痙攣 (204) 後外側構成体損傷 (複合靱帯損傷) (63) 後十字靱帯脛骨裂離骨折 (50) 後十字靱帯損傷 (43) 骨化性筋炎 (22) 衝突性外骨腫 (310) 大腿部の筋腱損傷 (9) 内側側副靱帯損傷 (57) 膝関節脱臼 (83)
ウエイトリフティング	変形性膝関節症 (146)
空手	足趾・中足骨骨折 (257) 大腿部の筋腱損傷 (9)
キックボクシング	足趾・中足骨骨折 (257)
剣道	足趾・中足骨骨折 (257) 母趾種子骨障害 (355)
サッカー	アキレス腱症 (225) アキレス腱断裂 (217) 遠位脛腓靱帯損傷 (296) 驚足炎 (驚足滑液包炎) (127) 関節軟骨損傷 (140) 陥入爪・爪下血腫 (366) 距骨骨軟骨損傷 (252) 近位脛腓関節脱臼・亜脱臼 (92) 筋痙攣 (204) 脛骨骨幹部骨折 (182) 脛骨粗面裂離骨折 (167) 脛骨プラトー骨折 (174) 後外側構成体損傷 (複合靱帯損傷) (63) 骨化性筋炎 (22) 三角靱帯損傷 (291) 膝蓋骨骨折 (160) 膝蓋骨脱臼・亜脱臼 (96) 膝蓋大腿関節症 (153) ジャンパーズ膝 (108) 踵骨骨端炎 (321) 衝突性外骨腫 (310) シンスプリント (195) 前十字靱帯損傷 (28) 前十字靱帯裂離骨折 (39) 足関節・足部の疲労骨折 (264) 足関節インピンジメント症候群 (304) 足関節外側靱帯損傷 (282) 足関節果部骨折 (240) 足関節捻挫 (276) 足根骨骨折 (248) 足趾・中足骨骨折 (257) その他の種子骨・過剰骨障害 (360) 大腿骨疲労骨折 (2) 大腿部の筋腱損傷 (9) 大腿部の肉離れ (15) 内側側副靱帯損傷 (57) 半月板損傷 (70) 腓骨筋腱脱臼 (233) 腓腹筋肉離れ (211) 変形性膝関節症 (146) 母趾種子骨障害 (355) 有痛性三角骨 (317) 有痛性分裂膝蓋骨 (120) Jones 骨折 (270) Osgood-Schlatter 病 (オスグッド病) (114)
自転車・バイクスポーツ	後十字靱帯脛骨裂離骨折 (50) 腸脛靱帯炎 (122)
柔道	後外側構成体損傷 (複合靱帯損傷) (63) 後十字靱帯損傷 (43) 膝蓋骨脱臼・亜脱臼 (96) 前十字靱帯損傷 (28) 内側側副靱帯損傷 (57) 半月板損傷 (70) 膝関節脱臼 (83)
乗馬	骨化性筋炎 (22)
新体操	母趾種子骨障害 (355)
水泳	驚足炎 (驚足滑液包炎) (127)

スキー	遠位脛腓靭帯損傷 (296) 陥入爪・爪下血腫 (366) 脛骨骨幹部骨折 (182) 脛骨プラトー骨折 (174) 膝蓋骨脱臼・亜脱臼 (96) 前十字靭帯損傷 (28) 前十字靭帯裂離骨折 (39) 内側側副靭帯損傷 (57) 半月板損傷 (70) 腓骨筋腱脱臼 (233) 膝関節脱臼 (83)
スノーボード	近位脛腓関節脱臼・亜脱臼 (92) 脛骨プラトー骨折 (174) 三角靭帯損傷 (291)
相撲	後十字靭帯損傷 (43) 大腿部の筋腱損傷 (9)
ソーシャルダンス	外反母趾 (349)
体操	アキレス腱症 (225) 膝蓋骨脱臼・亜脱臼 (96) 足根骨骨折 (248)
短距離走	大腿部の肉離れ (15)
短距離・ハードル走	脛骨疲労骨折 (188)
ダンス	足趾・中足骨骨折 (257) 母趾種子骨障害 (355)
中・長距離走	脛骨疲労骨折 (188)
長距離走	アキレス腱症 (225) 鷲足炎 (鷲足滑液包炎) (127) 下腿コンパートメント症候群 (199) 大腿骨疲労骨折 (2) 腸脛靭帯炎 (122) 変形性膝関節症 (146)
テニス	アキレス腱断裂 (217) 足関節外側靭帯損傷 (282) 膝蓋大腿関節症 (153) 腓腹筋肉離れ (211)
バスケットボール	アキレス腱症 (225) アキレス腱断裂 (217) 関節軟骨損傷 (140) 距骨骨軟骨損傷 (252) 近位脛腓関節脱臼・亜脱臼 (92) 脛骨粗面裂離骨折 (167) 脛骨疲労骨折 (188) 後外側構成体損傷 (複合靭帯損傷) (63) 骨化性筋炎 (22) 膝蓋骨骨折 (160) 膝蓋骨脱臼・亜脱臼 (96) 膝蓋大腿関節症 (153) ジャンパーズ膝 (108) 踵骨骨端炎 (321) 衝突性外骨腫 (310) シンスプリント (195) 前十字靭帯損傷 (28) 足関節・足部の疲労骨折 (264) 足関節インピンジメント症候群 (304) 足関節外側靭帯損傷 (282) 足関節果部骨折 (240) 足関節捻挫 (276) 足根骨骨折 (248) 足底腱膜炎 (335) その他の種子骨・過剰骨障害 (360) 大腿骨疲労骨折 (2) タナ障害 (104) 半月板損傷 (70) 有痛性分裂膝蓋骨 (120) Jones 骨折 (270) Osgood-Schlatter 病 (オスグッド病) (114)
バトミントン	三角靭帯損傷 (291) 前十字靭帯損傷 (28) 腓腹筋肉離れ (211)
幅跳び	近位脛腓関節脱臼・亜脱臼 (92)

バレエ	外反母趾 (349) 後十字靱帯脛骨裂離骨折 (50) 膝蓋骨脱臼・亜脱臼 (96) 膝蓋大腿関節症 (153) 足関節・足部の疲労骨折 (264) 足関節インピンジメント症候群 (304) その他の種子骨・過剰骨障害 (360) 腓骨筋腱脱臼 (233) 母趾種子骨障害 (355) 有痛性三角骨 (317)
バレーボール	アキレス腱症 (225) アキレス腱断裂 (217) 脛骨粗面裂離骨折 (167) 脛骨疲労骨折 (188) 三角靱帯損傷 (291) 膝蓋骨骨折 (160) 膝蓋骨脱臼・亜脱臼 (96) 膝蓋大腿関節症 (153) ジャンパーズ膝 (108) 衝突性外骨腫 (310) シンスプリント (195) 足関節外側靱帯損傷 (282) 足関節果部骨折 (240) 足関節捻挫 (276) 足根骨骨折 (248) 足趾・中足骨骨折 (257) タナ障害 (104) 半月板損傷 (70) Lisfranc 靱帯損傷 (340)
ハンドボール	近位脛腓関節脱臼・亜脱臼 (92) 脛骨粗面裂離骨折 (167) 前十字靱帯損傷 (28)
フェンシング	大腿部の肉離れ (15)
フットサル	衝突性外骨腫 (310)
マラソン	筋痙攣 (204) 衝突性外骨腫 (310) 足底腱膜炎 (335)
野球	距骨骨軟骨損傷 (252) 近位脛腓関節脱臼・亜脱臼 (92) 筋痙攣 (204) 三角靱帯損傷 (291) シンスプリント (195) 足関節外側靱帯損傷 (282) 大腿骨疲労骨折 (2) タナ障害 (104) 有痛性分裂膝蓋骨 (120) Osgood-Schlatter 病 (オスグッド病) (114)
ラグビー	下腿コンパートメント症候群 (199) 関節軟骨損傷 (140) 陥入爪・爪下血腫 (366) 脛骨プラトー骨折 (174) 後外側構成体損傷 (複合靱帯損傷) (63) 後十字靱帯脛骨裂離骨折 (50) 後十字靱帯損傷 (43) 骨化性筋炎 (22) 衝突性外骨腫 (310) 前十字靱帯損傷 (28) 前十字靱帯裂離骨折 (39) 足関節・足部の疲労骨折 (264) 足関節果部骨折 (240) 足関節捻挫 (276) 足根骨骨折 (248) 大腿部の筋腱損傷 (9) 大腿部の肉離れ (15) 内側側副靱帯損傷 (57) 膝関節脱臼 (83) 腓腹筋肉離れ (211) Jones 骨折 (270) Lisfranc 靱帯損傷 (340)
陸上競技・ランニング	陥入爪・爪下血腫 (366) ジャンパーズ膝 (108) 踵骨骨端炎 (321) 衝突性外骨腫 (310) シンスプリント (195) 足関節・足部の疲労骨折 (264) 足関節捻挫 (276) 足底腱膜炎 (335) タナ障害 (104) 腓腹筋肉離れ (211) 母趾種子骨障害 (355) 有痛性三角骨 (317) Lisfranc 靱帯損傷 (340)
レスリング	後十字靱帯損傷 (43) 大腿部の肉離れ (15) 変形性膝関節症 (146)

前十字靭帯損傷

概念

膝前十字靭帯（anterior cruciate ligament：ACL）は、膝関節の中心に位置する靭帯であり、その断裂は膝関節の前方不安定性を惹起する（図1）。

ACLは治癒能力に乏しく、保存療法ではその機能は改善しないため膝不安定性が残存する可能性が高い。治療方針は患者の身体活動レベル、合併損傷の有無、膝不安定性の程度などを考慮する。保存療法では、膝装具を処方し、軽度屈曲位での大腿四頭筋収縮は下腿の前方引き出し力が生じるのに対し、ハムストリングの収縮は下腿の後方引き出し力が生じることから、主にハムストリングの筋力強化を行う。スポーツ復帰を希望する場合は、自家腱を用いた鏡視下ACL再建術を行う。若く活動性の高い症例

や半月板損傷合併例および日常生活動作においても膝くずれ（giving way）などの症状がある例に対しては、手術を行うことが多い。

ACLの解剖

ACLは、後十字靭帯（posterior cruciate ligament：PCL）とともに大腿骨顆間窩の中央に存在し、その線維は滑膜組織で被覆されている（図2）。

血行は主に中膝動脈によって供給されている。ACL実質部の長さは約30～40 mm、中央部の幅は約10 mmである。大腿骨および脛骨付着部の断面積は、実質部中央部の3倍以上を有すると報告されている（図3）^{1,2)}。

ACLの大腿骨側付着部は、大腿骨外側顆の外側面に卵円形の付着部を有する（図4）。

脛骨側付着部は、顆間隆起間から脛骨内側関節面に広がる。ACLは、その脛骨側付着部位置から前内側線維束（anteromedial bundle：AMB）および後外側線維束（posterolateral bundle：PLB）の2つの線維束から構成されている³⁾。その実質部は膠原線維からなり、climp patternを有し、線維芽細胞が長軸に配列している（図5）。また、ACL内には機械刺激受容体が存在しており、固有感覚受容器としての機

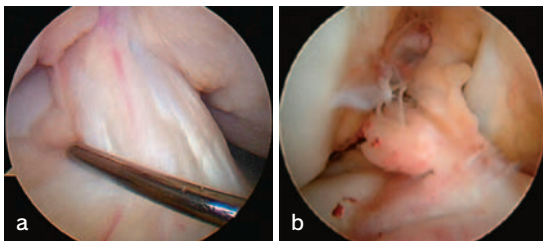


図1 前十字靭帯の関節鏡所見
a：正常ACL，b：断裂ACL。



図2 ACLとPCL

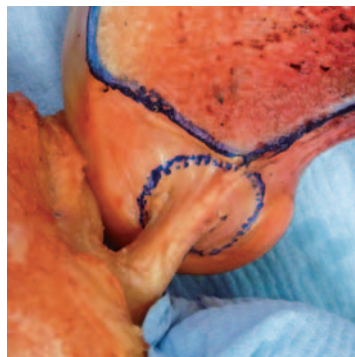


図3 ACLとACL大腿骨付着部

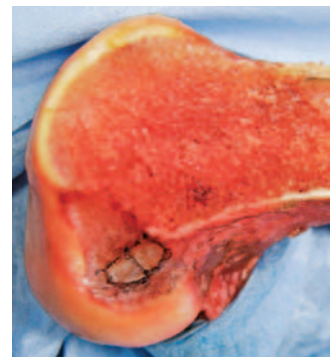


図4 ACL大腿骨付着部

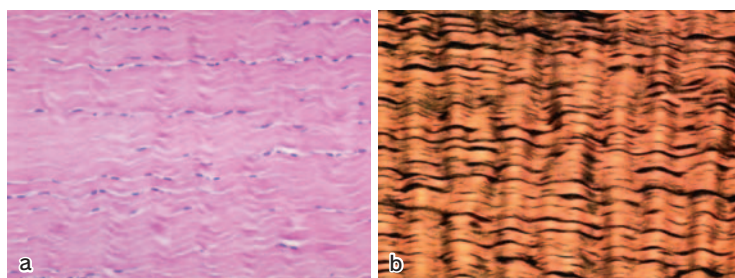


図5 ACL 実質部の組織所見

a: hematoxylin-eosin 染色, b: 偏光顕微鏡による写真。

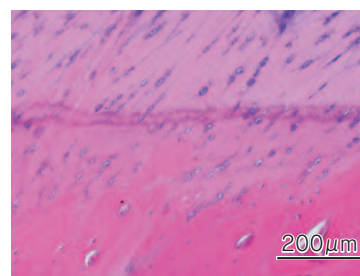


図6 ACL 脛骨付着部の4層構造

能を有する。ACL 付着部は、靱帯実質、非石灰化線維軟骨、石灰化線維軟骨、骨へと4層構造を有し骨に強固に付着している（図6）。

ACL の最大破断荷重は20歳代の成人で約2,000 N と報告されている^{4,5)}。

疫学・受傷機転および自然経過

1. 疫学

ACL 損傷はスポーツ外傷・障害のなかでも頻度が高く、年間10,000人に対し約4人が受傷すると報告されている⁶⁾。ACL 損傷の危険因子として性別（女性）、関節弛緩性、外反膝などの下肢アライメント、脛骨後傾角が大きく、大腿骨顆間窩幅が小さいなど解剖学的因子、家族歴などの遺伝的因子、神経筋因子などとの関連性が指摘されている⁶⁾。

2. 受傷機転

スポーツにおけるジャンプ後の着地動作や走行中の急停止、ピボット、カッティング動作など方向転換などによる非接触型の損傷が多く、膝外反と脛骨内旋が生じて受傷することが多い。受傷時、膝の中で何かが切れた感じ（pop）を自覚することが多い。スポーツ種目では、サッカー、ラグビー、スキー、バスケットボール、バドミントン、ハンドボール、柔道などに多く認められる。

3. 自然経過

ACL 損傷を放置してスポーツ活動を継続すると脛骨の前方亜脱臼による機能不全により、スポーツ活動制限の一因となる。さらにスポーツ中の膝くずれを繰り返すことにより、半月板

および関節軟骨の損傷が続発し、外傷性関節症に至る場合もある⁶⁾。

臨床症状

受傷後は膝関節が腫脹し、関節穿刺にて血性関節液を認める。膝関節捻挫後に膝が腫脹し、それが関節血症であった場合には60～80%がACL 損傷と考えられる。新鮮例では外側半月板の合併損傷が多く、疼痛や逃避性跛行を認める。陳旧例では膝くずれを繰り返すことにより内側半月板損傷や関節軟骨損傷を合併しやすい。

診断の進め方

1. 概略

受傷機転などの詳細な病歴の聴取が重要である。スポーツにおける非接触型損傷で膝関節内の腫脹がみられる場合は、ACL 損傷を強く疑う。Lachman test などにより膝不安定性を徒手的に検査し、単純X線にて他の靱帯付着部の裂離骨折の有無を確認する。MRI は、ACL 実質部断裂の確認および関節内構成体の損傷の有無の確認に有用である。膝動揺性検査装置やストレスX線撮影は膝前方不安定性の定量化に用いられる。スポーツ復帰の希望など各個人の身体活動性、徒手検査を含めた身体所見および画像所見により総合的に治療方針を決定する。

2. 徒手検査

膝関節血症による関節跳動、関節裂隙の圧痛の有無、下肢の関節可動域などを確認する。膝

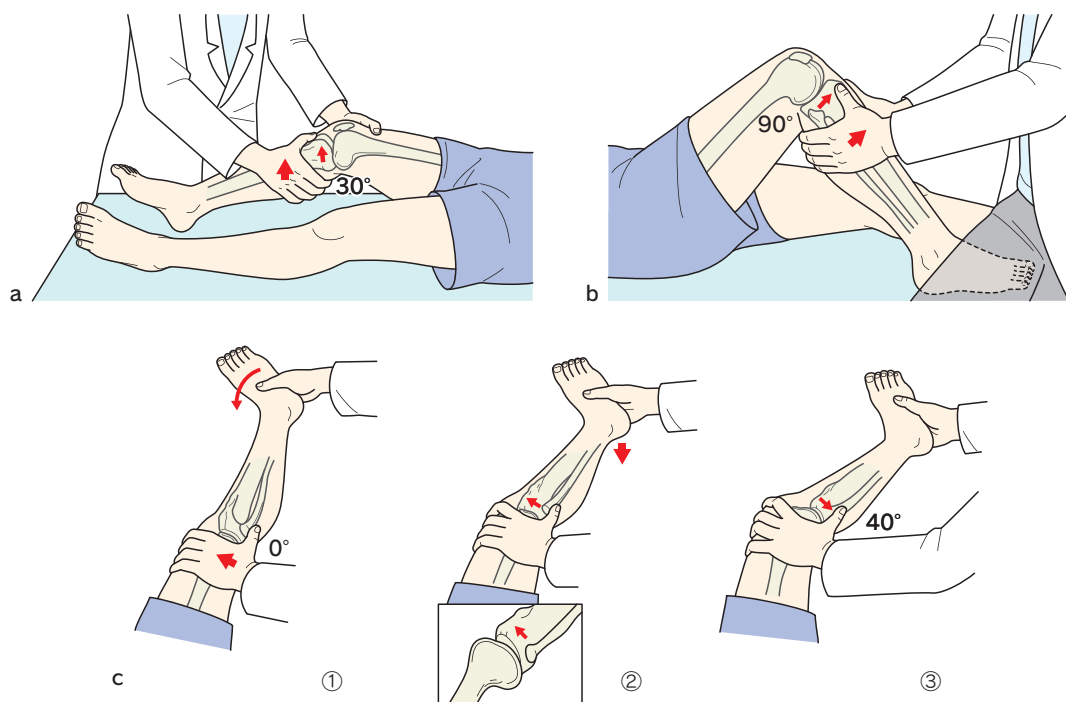


図7 徒手検査

- a : Lachman test. 軽度屈曲位で脛骨の前方引き出しを行い、その移動距離および end point を触知する。
 b : 前方引き出しテスト. 90° 屈曲位で、脛骨の前方引き出しを行う。
 c : pivot shift test. 膝伸展位で下腿を内旋・外反し、軸圧を加えながら屈曲すると脛骨外側関節面が亜脱臼した状態から屈曲約 40° 付近で整復される。

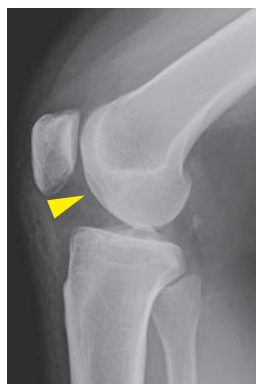


図8 lateral femoral notch sign

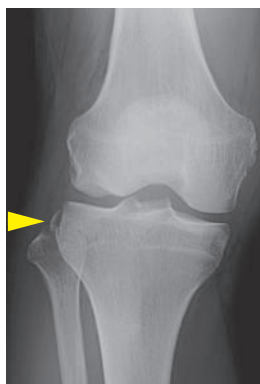


図9 Second 骨折

を再現するが、急性期には筋性防御のために検査が困難なことが多い。いずれの検査も健側との比較を行う。

3. 単純 X 線写真

lateral femoral notch sign (図 8), Second 骨折 (図 9) など ACL 損傷を示唆する X 線所見が診断の助けとなる。lateral femoral notch sign は、側面像で大腿骨外側顆に認められる陥凹で ACL 損傷の 3~26% に認められる。Second 骨折は、正面像で脛骨外側顆外側に認められる裂離骨折であり、6~9% に認められる lateral capsular sign とよばれる。ACL 裂離骨折 (脛骨顆間隆起骨折) は小児や成長期に生じることが多い。脛骨高原骨折、離断性骨軟骨炎および関節内遊離体などの合併にも注意する。

4. MRI

靱帯実質部および大腿骨付着部で損傷することが多い ACL 損傷では、その連続性の途絶および膨化が認められ、MRI が感度および特異

関節の前方不安定性は、Lachman test (図 7-a), 前方引き出しテスト (図 7-b), pivot shift test (図 7-c) の 3 つの検査が一般的である。Lachman test は、感度および特異度が最も高い徒手検査である。特異度の高い pivot shift test は大腿骨に対する脛骨外側顆の前方亜脱臼

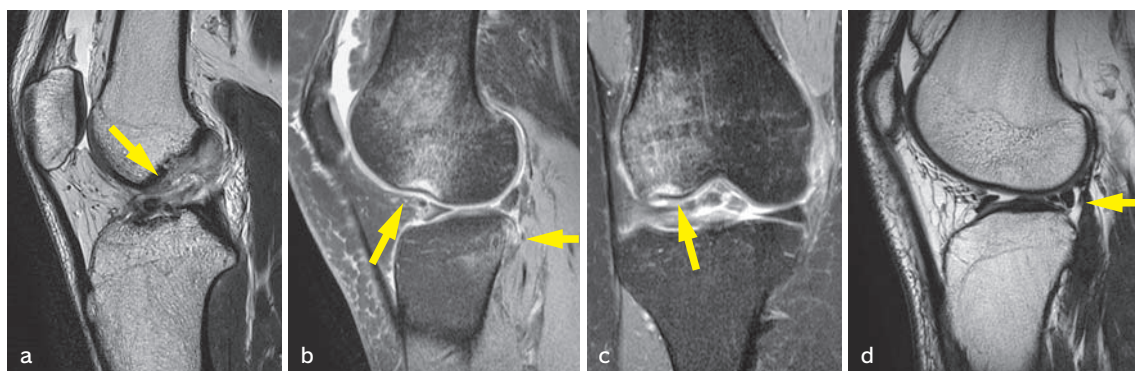


図 10 MRI

- a : MRI T2 矢状断像における ACL 損傷。
 b : MRI 脂肪抑制矢状断像における大腿骨外側顆および脛骨外側顆後方の骨挫傷。
 c : MRI 脂肪抑制冠状断像における大腿骨外側顆の骨挫傷。
 d : MRI T2 矢状断像における外側半月板損傷。

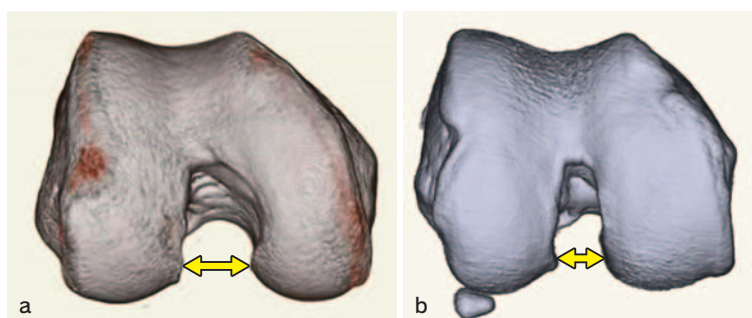


図 11 3D-CT

- a : 正常の大腿骨顆間窩, b : 狭い顆間窩。



図 12 ストレス X 線撮影における前方引き出しテスト

度ともに高い (図 10-a)。さらに大腿骨外側顆および脛骨外側顆後方の骨挫傷 (bone bruise) (図 10-b, c), PCL の走行変化, 半月板や軟骨損傷および骨挫傷における合併の有無の把握に有用である (図 10-d)。

5. CT

Segond 骨折などの骨挫傷, 靱帯の裂離骨折の合併の有無, 大腿骨顆間窩の大きさなどの把握に有用である (図 11)。

6. 膝前方不安定性の定量化

●膝動揺性検査装置

KT-2000 arthrometerTM (MEDmetric) や KneelaxTM (Monitored Rehab) などを用いて膝軽度屈曲における 133 N 負荷時の膝前方動揺性の対健側差を計測する。

●ストレス X 線撮影

膝屈曲 90° における脛骨前方移動量を中点計測法にて計測する (図 12)。

7. 筋力測定

等速性筋力測定器を用いて角速度 60°/秒および 180°/秒における大腿四頭筋および膝屈筋の最大トルク, 膝関節屈曲 45° および 90° での等尺性最大トルクを計測する。

8. 鑑別診断・合併症の対応

●膝蓋骨脱臼

受傷機転が比較的似ている膝蓋骨脱臼との鑑別も必要である。単純 X 線軸射像で膝蓋骨の外側偏位を認める。

●内側側副靱帯損傷

膝外反の強制などにより ACL 損傷と合併することが多い。軽度屈曲位での外反ストレステ

ストが陽性となる。内側側副靱帯（medial collateral ligament：MCL）は関節外靱帯のため治癒能力が高く、膝装具などで保存療法を行い、機能障害が残存した場合には MCL 再建術を行う。

●後十字靱帯損傷

膝屈曲位にて膝前面を強打することにより生じることが多い。初期の機能障害は ACL 損傷に比べ少ないことが多い。身体所見では膝 90°屈曲位にて脛骨が後方に落ち込む徴候（sagging）および後方引き出しテストが陽性となる。単純 X 線にて脛骨付着部裂離骨折の有無を確認する。新鮮例では保存療法を選択するのが原則である。他の靱帯損傷を合併した複合靱帯損傷に対しては PCL 再建術を要することが多い。

●後外側支持機構損傷

後外側支持機構（posterolateral structure：PLS）は外側側副靱帯、膝窩筋腱および膝窩腓骨靱帯などから構成される膝関節後外側部における靱帯組織の総称である。診断には軽度屈曲位における内反ストレステストおよび脛骨外旋テスト（dial test）が有用である。重度損傷の場合は十字靱帯損傷を合併することが多く手術が必要なことが多い。

●複合靱帯損傷、膝関節脱臼

複合靱帯損傷、膝関節脱臼などの高エネルギー損傷では膝窩動脈損傷、腓骨神経麻痺を合併することもあるため、神経・血管損傷の合併を念頭におく。MR angiography や血管造影などの画像検査により確認することが望ましい。

●成長期（骨端線閉鎖前）における対応

ACL 再建術は、下肢外反変形や脚長差をきたす可能性はあり、手術加療は慎重に選択されるべきである。手術術式としては、大腿骨、脛骨側の骨端線を貫く方法や貫かない方法、どちらかを貫く方法など多くの方法が報告されている。年齢、Tanner stage による成長の段階、合併症の有無などにより手術を考慮すべき場合がある。

●高齢者への対応

靱帯損傷に起因する機能障害は患者の年齢よ

りも身体活動レベルに依存するので、治療方針の決定には患者の身体活動レベルを重視する。高齢者では靱帯付着部の裂離骨折の頻度が高いため、裂離骨折の有無を確認する。

競技特性を考慮した 予防的アプローチ

1. メディカルチェックと コンディショニング

ACL 損傷は受傷から競技復帰までに長期間を要する重度の外傷であり、スポーツ現場にとってはその予防が重要課題である。米国整形外科学会（American Academy of Orthopaedic Surgeons：AAOS）の 2014 年 ACL 損傷ガイドライン（ACL neuromuscular training programs）では、神経筋トレーニングプログラムが ACL 損傷の予防に効果を認めたいくつかの研究を紹介している。また近年、メタアナリシスやランダム化比較試験で固有感覚訓練や PEP（prevent injury and enhance performance）プログラムおよびバランストレーニングなど ACL 損傷予防プログラムでの有効性が報告されている。一方、効果が認められなかったという報告もありエビデンスが一致していない。しかしながら国際オリンピック委員会（IOC）や国際サッカー連盟（FIFA）が中心となりさまざまな研究が行われ、サッカー外傷予防プログラム（FIFA 11+）など予防プログラムが作成されている。このプログラムは、下肢、体幹の安定性とジャンプの着地、動的バランスや agility の向上をめざしたものであり、とくにジュニア選手や女子選手にその有用性が認められている。ACL 損傷を予防するためには、選手のみではなく選手が所属しているチームや監督、コーチの理解を得て予防の重要性を認識してもらう必要がある。

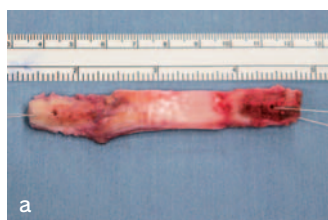


図 13 ACL 再建術の移植材料

a: 骨付き膝蓋腱, b: 半腱様筋腱の採取。

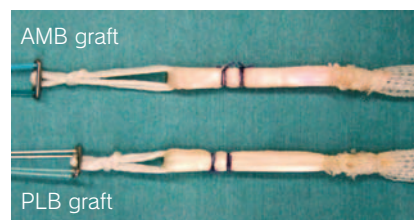


図 14 移植腱

スポーツ復帰をめざした治療の進め方

1. 保存療法

新鮮例では、外傷後の膝関節周囲炎症の沈静化のため、RICE (R: 安静, I: アイシング, C: 圧迫, E: 患肢挙上) を指示する。軟性や硬性装具を処方し後述する ACL 再建後のリハビリテーションに準じた関節可動域訓練や筋力訓練を行う。近年のメタアナリシスやシステムティックレビューではスポーツ復帰率や変形性膝関節症の発生率に有意差がないという報告もあるが、保存療法は手術療法に比べて半月板損傷の合併が多いと報告されている。一般的に若く、活動性の高い患者においては手術治療が推奨されている。

2. 手術療法

近年、ACL 再建術の治療成績は、膝関節鏡などの医療機器の進歩により大きな向上を示し、その手術侵襲は格段に減少した。

ACL 再建術は、ACL の両端付着部に骨孔を作製し、遊離腱移植を行う術式である。ACL 再建術の移植材料として自家腱および同種腱があり、わが国では骨付き膝蓋腱、半腱様筋腱（および薄筋腱）などの自家腱が一般的に用いられる（図 13）。

骨孔作製法は、経脛骨孔法、経ポータル法、およびアウトサイド-イン法などがある。一方、従来の 1 束 ACL 再建の成績に関してはいまだ不満な点も多く残されており、さまざまな改良が続けられてきた。筆者らは、基礎研究に基づいて AMB および PLB 付着部位置の同定方法を明らかにし、経脛骨手技の安全性と再現性を

確認して解剖学的 2 束 ACL 再建術を開発した³⁾。そして前向き臨床比較研究で良好な成績が得られることを確認し、この手技の有用性を多角的に検討してきた。術式の概略を示す。

3. 解剖学的 2 束 ACL 再建術³⁾

手術体位は仰臥位とし、鷲足上に斜皮切を加え、半腱様筋腱（および薄筋腱）を採取する。

●移植腱の作製方法

半腱様筋腱を半切し、それぞれを二重折りにする。太さは AMB 用移植腱が 6~7 mm、PLB 用が 5~6 mm の径を有する（図 14）。

●脛骨骨孔の作製

脛骨骨孔の作製は、ホールインワンガイドを用いて PLB および AMB 脛骨付着部にガイドワイヤーを刺入後、PLB および AMB 用脛骨骨孔を作製する。

●大腿骨骨孔の作製

オフセットガイドを用い、AMB 大腿骨付着部にガイドワイヤーを刺入後、AMB 用大腿骨骨孔を作製する。次に、PLB 大腿骨付着部にガイドワイヤー刺入後、PLB 用大腿骨骨孔を作製する（図 15）。

●移植腱の固定

PLB 用および AMB 用移植材料を移植し（図 15-b）、膝関節を 10° 屈曲位にてそれぞれの移植材料に 30 N の張力を与えた後、2 本のテープをステープルにて固定する（図 16）。

4. ACL 移植腱のリモデリング

一般的に損傷靱帯の修復過程は、炎症期、細胞増殖期、リモデリング期、成熟期の 4 期に分類されるが、遊離腱移植を行う ACL 再建では、それとはやや異なる再構築過程を経る（図 17）。これまでの基礎研究において ACL 移植