

図8 PF関節コンタクトキネマティクス

膝関節屈曲角度とPF関節接触面の変化の過程は、およそ図のようになる。

(文献22より改変引用)

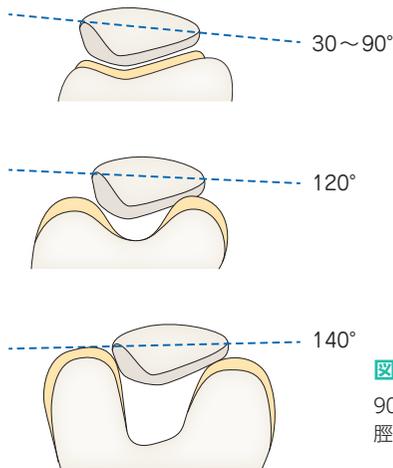


図9 膝関節深屈曲域におけるPF関節接触面の二分化

90° 屈曲位を超えると膝蓋骨は顆間窩に潜り込み、大腿骨顆部脛骨面と接触しはじめるため、接触面は2つに分かれる。

(文献23より改変引用)

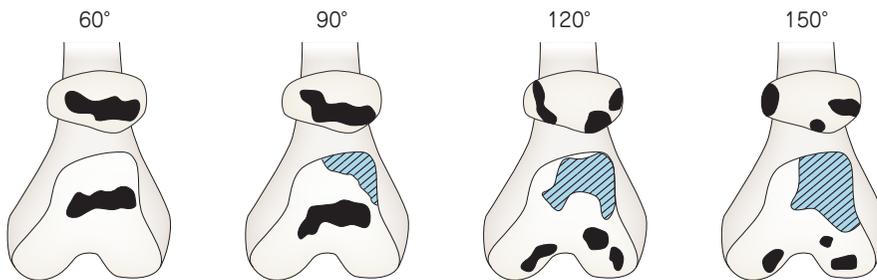


図10 膝関節屈曲角度とPF関節接触面および大腿四頭筋腱 - 大腿骨接触面の関係性

黒エリア：PF関節接触面，斜線エリア：大腿四頭筋 - 大腿骨接触面

深屈曲域になるにつれPF関節接触面積は減少するが，その分，大腿四頭筋 - 大腿骨接触面積が増加する。

(文献25より改変引用)

3 機能的動作中の膝関節バイオメカニクス

● 歩行

歩行は立脚相（歩行周期の0～62%）と遊脚相（歩行周期の62～100%）の2つの相にわけられる（図11A）²⁶⁾。立脚相は①荷重応答期，②立脚中期，③立脚終期，④前遊脚期の4期，遊脚相は①遊脚初期，②遊脚中期，③遊脚終期の3期にそれぞれ細分化される。

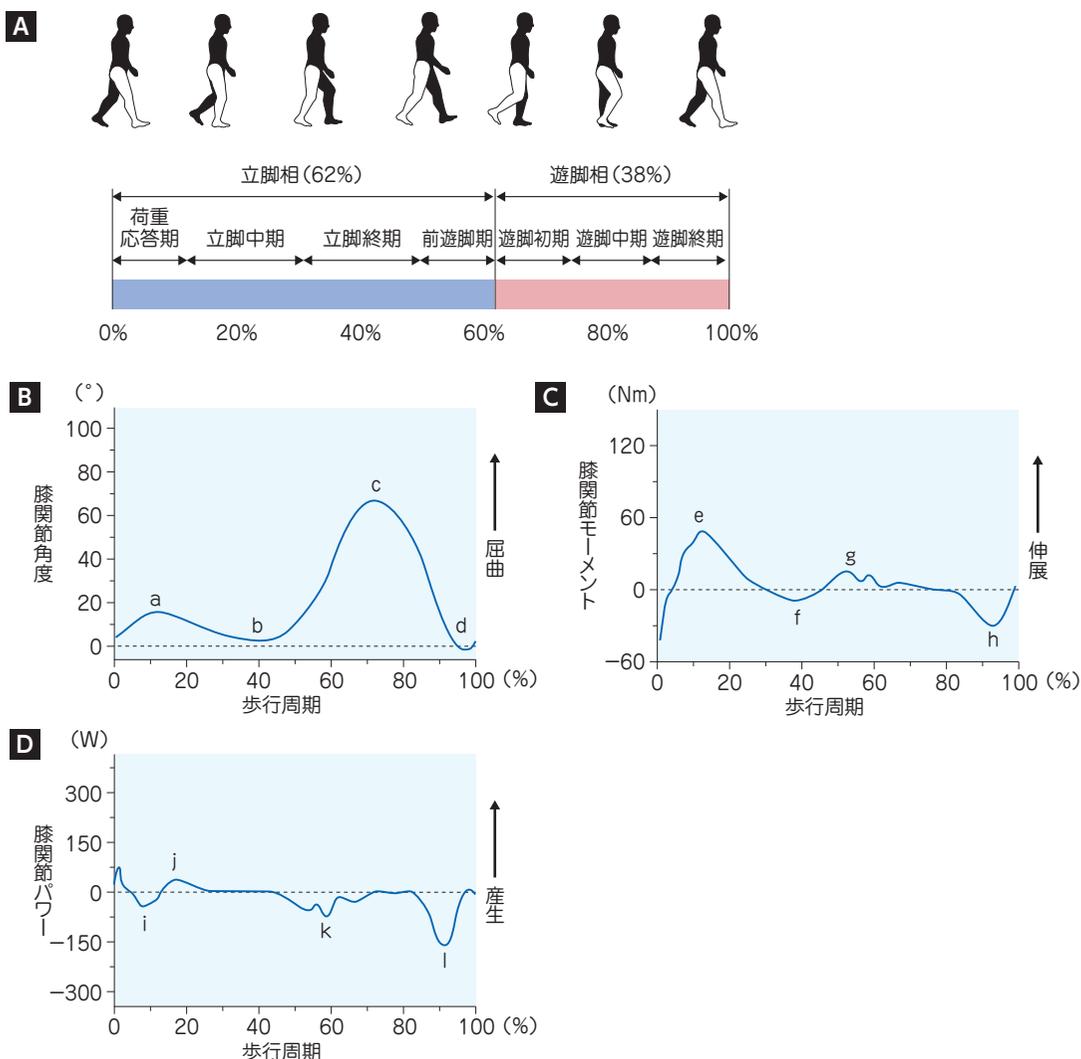


図11 歩行周期と一般的な歩行バイオメカニクス

A: 歩行周期, B: 歩行中の膝関節矢状面運動, C: 歩行中の膝関節矢状面モーメント, D: 歩行中の膝関節パワー
 a: 膝関節屈曲角度第1ピーク, b: 膝関節伸展角度第1ピーク, c: 膝関節屈曲角度第2ピーク, d: 膝関節伸展角度第2ピーク,
 e: 膝関節伸展モーメント第1ピーク, f: 膝関節屈曲モーメント第1ピーク, g: 膝関節伸展モーメント第2ピーク, h: 膝関節屈曲モーメント第2ピーク, i: 膝関節パワー吸収第1ピーク, j: 膝関節パワー産生第1ピーク, k: 膝関節パワー吸収第2ピーク, l: 膝関節パワー吸収第3ピーク
 (文献26より改変引用)

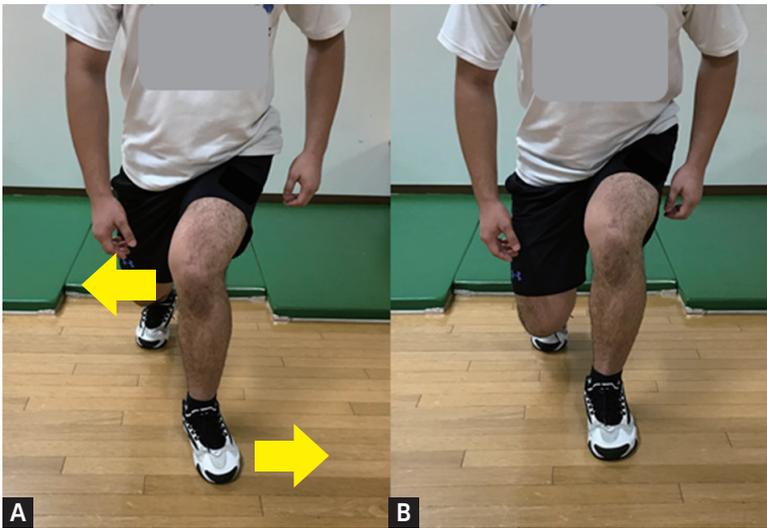


図6 フロントランジ

A:不良肢位, B:良肢位。
膝蓋骨が第2趾の方向へ
踏み込み, 膝と足の向きが
ばらばら(A矢印)になら
ないように注意する。



図7 サイドランジ

フロントランジ同様, 膝と足の向きに注意する。

スクワットも行うが, その際, 膝外反やtoe-outなどの不良肢位があれば正しいフォームに矯正する必要がある¹⁰⁾。スクワットは両脚から開始し, 両脚スクワットが安定すれば片脚スクワットを開始する。通常, 筋力トレーニングとして行われるスクワットでは膝を前に出さず腰を落とすように行うことが推奨されるが, このようなスクワットではもともとの解剖学的な脛骨後方傾斜により脛骨前方引き出し力がかかり, 再建ACLにストレスがかかることが危惧されるため, ACL再建術後のスクワットは下腿を前傾させることで脛骨後方傾斜を相殺するようにして行う(図8)。またスクワット時にもknee-inしないように注意する(図9)。これはリハビリテーション初期から行う1/4スクワットなどの浅いスクワット動作でも同じである。Knee-in動作を矯正するために大腿遠位にゴムバンドを巻い



図8 スクワット（側方から）

A: 脛骨後方傾斜により脛骨前方引き出し力がかかってしまう。

B: 下腿を前傾させることで脛骨後方傾斜を相殺でき、前方引き出し力がかからない。

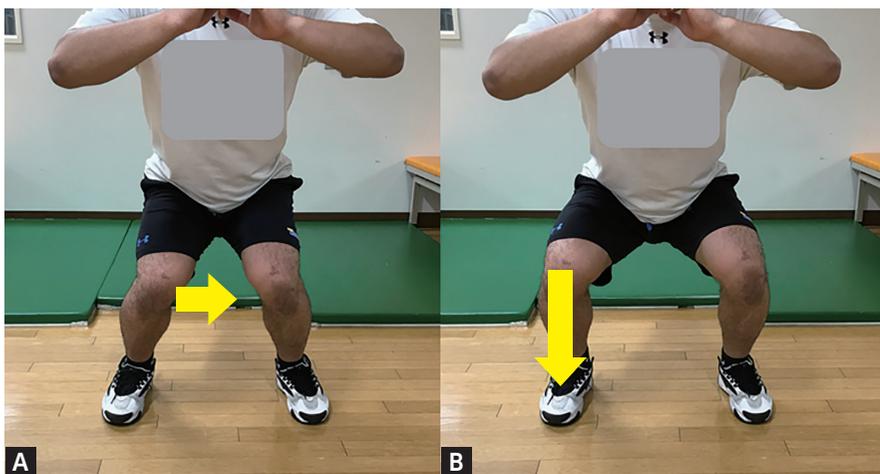


図9 スクワット（前方から）

A: knee-in (矢印) がみられる不良肢位。

B: 膝とつま先の向きがそろっており (矢印), 良肢位である。

てスクワットを行うのも良い方法である。術後4カ月までの筋力トレーニングは自重でCKC中心とする。

●アスレチックリハビリテーション後期

術後4カ月以降の筋力トレーニングには筋力トレーニングマシンを積極的に利用し、レッグプレス、レッグエクステンション、レッグカールなどを行い、パワー・持久力の再獲得・向上に努める。フロントランジやサイドランジが安定すれば、

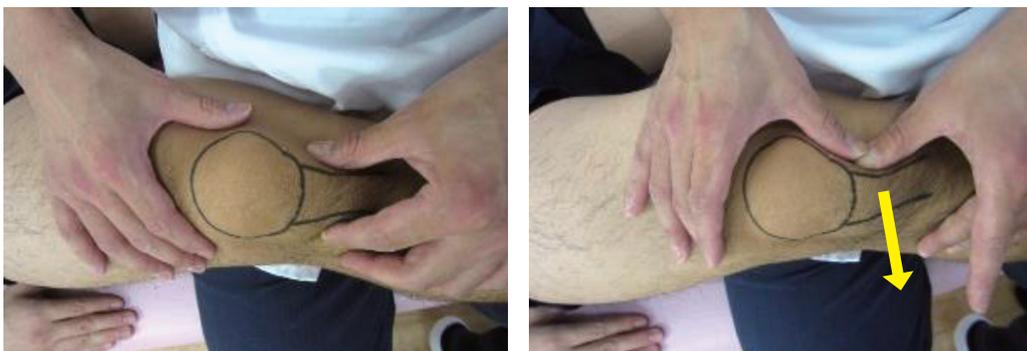


図7 膝蓋下脂肪体のマッサージ

内外側方向の移動性を確認しながらマッサージする。線維化した膝蓋下脂肪体は、膝蓋靭帯の深部を内外側から圧迫（矢印）したときに、その移動が制限されている。

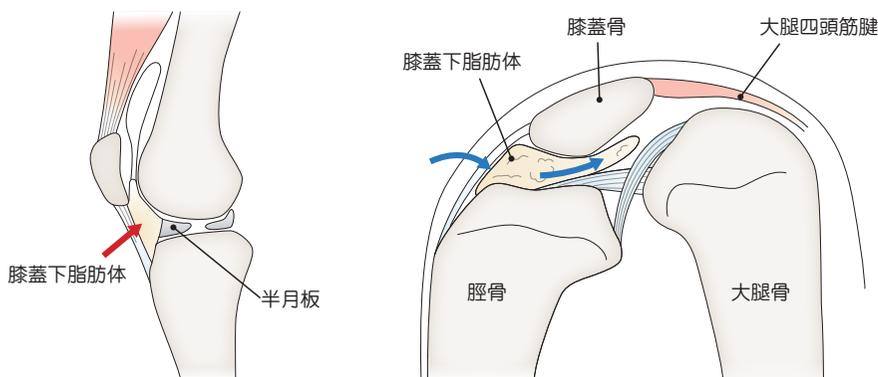


図8 膝蓋下脂肪体

膝蓋下脂肪体は膝伸展位では膝蓋靭帯の後方に位置し、膝屈曲に伴い膝蓋骨の裏面（青矢印）に入り込む。膝蓋下脂肪体の柔軟性は、膝の深屈曲位獲得において重要な要素である。

（文献23より改変引用）

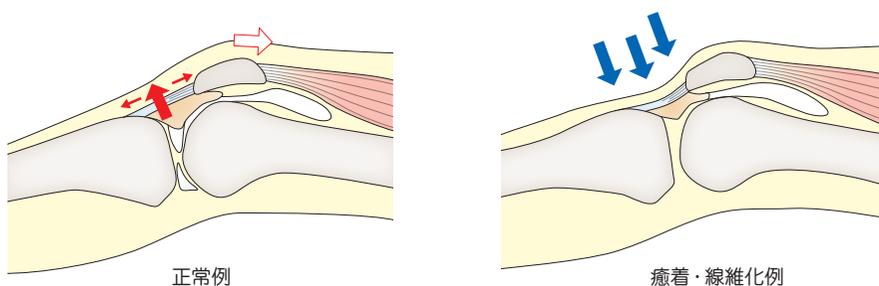


図9 膝蓋下脂肪体の癒着・線維化と膝伸展筋力の関係

膝関節伸展に伴い、膝蓋骨は近位移動し（白矢印）、膝蓋靭帯が緊張するため（赤細矢印）、膝蓋下脂肪体は前方移動（赤太矢印）する。膝蓋下脂肪体の癒着・線維化例では、前方に移動しないため、膝蓋靭帯が緊張せず、膝蓋下の扁平化（青太矢印）をきたす。その結果、膝蓋骨の近位移動制限を生じ、内側広筋の十分な収縮距離が得られず、膝伸展筋力が十分に回復しない。

（文献24より作成）

2 メディカルリハビリテーション

● 下腿三頭筋の肉離れ後のメディカルリハビリテーション

下腿三頭筋の肉離れは、羽状筋である腓腹筋内側頭に多くみられる。腓腹筋内側頭は「テニスレッグ」と呼ばれる¹⁾。内側腓腹筋は大腿骨の内側顆より起こり、下腿遠位にてヒラメ筋の腱と合流して、ともに踵骨隆起で停止する。作用としては腓腹筋が収縮すると、足関節は底屈動作を生み出す。また筋の性質からみると、腓腹筋は筋を強く、速く収縮させる速筋群の割合が多い。そのため、腓腹筋は急激な動きに対応しているため、肉離れが生じやすいと考えられている²⁾。

受傷直後より患部管理として、PRICE（安静・冷却・圧迫・挙上）の処置を徹底していく。リハビリテーションで負荷を与えていく1つの指標として痛みの管理が必要である。そのために徹底した物理療法を行い、痛みの緩和を図っていくことが求められる。その後、痛みが軽減した頃よりストレッチと筋力練習を開始する。

腓腹筋に効果的なストレッチは、膝を伸展させた状態で足関節を背屈させていく方法が効果的である。不動による拘縮予防目的にヒラメ筋へのストレッチも必要であり、膝軽度屈曲での足関節背屈ストレッチが同筋に効果的なストレッチ方法である。

下腿三頭筋の肉離れ後のストレッチ

- ✓ ストレッチ①：非荷重下にて膝関節伸展位にて痛みが出ない範囲内で、自動運動での足関節背屈ストレッチを行う（図2A）。
- ✓ ストレッチ②：非荷重下にて膝関節伸展位にて同様に痛みが出ない範囲で他動運動としてタオルやセラバンドなどを利用して足関節背屈ストレッチを行う（図2B）。
- ✓ ストレッチ③：荷重下で膝関節伸展位にて行う。具体的には壁に両手をあて、非患肢を前にして患肢の膝を伸展位にして患肢の足関節背屈ストレッチを実施する。またヒラメ筋に対しては非患肢を前にして、患肢の膝を軽度屈曲位にして患肢の足関節背屈ストレッチを実施する（図2C, D）。

ストレッチは愛護的なものから初めて、ストレッチ①を行い、痛みの増悪がないことを確認して、ストレッチ②、③を行う。すべての動作で痛みがないことを確認した段階から、積極的な筋力強化運動を開始していく。

下腿三頭筋の肉離れ後の筋力練習

- ✓ 筋力練習①：非荷重下にて膝関節伸展位での足関節底屈運動を行う。
- ✓ 筋力練習②：非荷重下にて膝関節伸展位で足関節底屈運動を行う。足関節背屈ストレッチに用いたセラバンドを足底に引っかけて、セラバンドを引っ張ることで負荷をかける方法である。

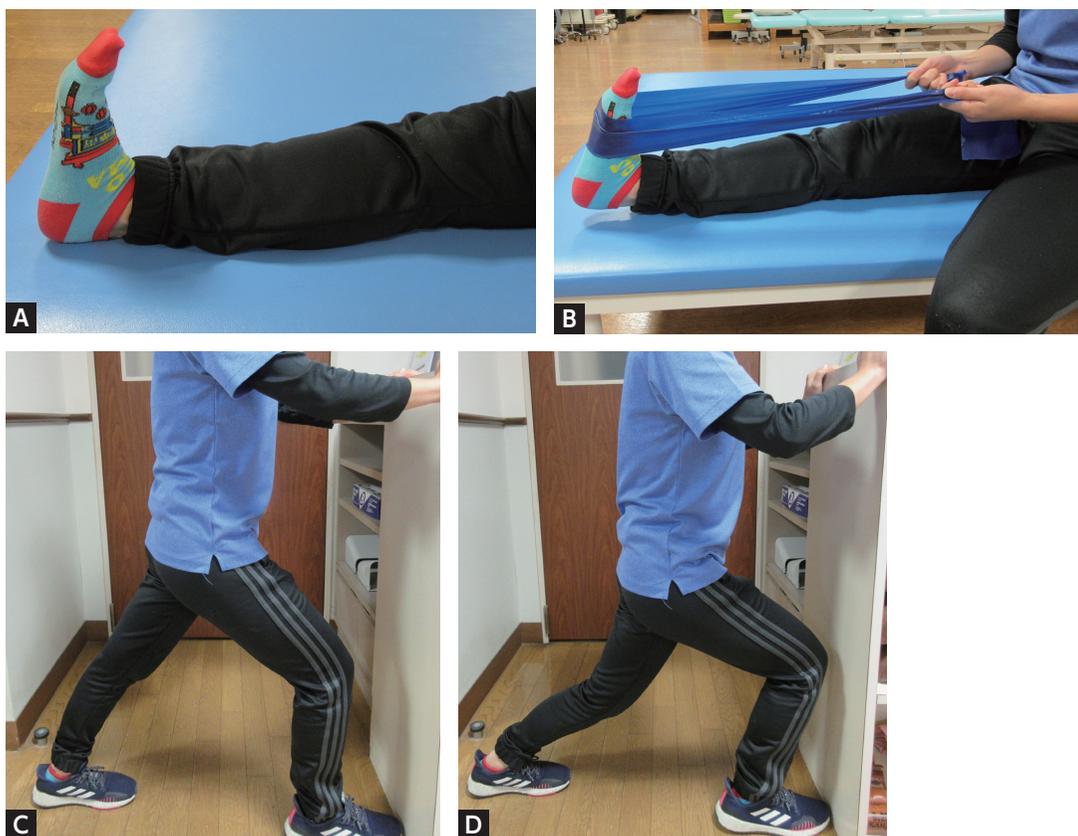


図2 下腿三頭筋の肉離れ後のストレッチ

A：自動ストレッチ。膝関節伸展位にて足関節自動背屈にて腓腹筋ストレッチを行う。

B：他動ストレッチ。膝関節伸展位にて他動にて腓腹筋ストレッチを行う。

C：腓腹筋ストレッチ。健側を前に出し、患側の膝を伸展位として足関節背屈ストレッチを実施する。

D：ヒラメ筋ストレッチ。健側を前に出し、患側の膝を軽度屈曲位として足関節背屈ストレッチを実施する。

✓筋力練習③：立位荷重下での膝関節伸展位の底屈運動を行う。最初は両脚で実施、痛みの増悪がなければ患肢単独で行う（図3A）。

✓筋力練習④：立位荷重下での膝関節伸展位および足関節底屈位からの背屈位までの腓腹筋の遠心性収縮を行う（図3B）。

筋力練習は、上記のストレッチ①の時期から始めていき、筋力練習①～④の順に行う。

●ハムストリングスの肉離れ後のメディカルリハビリテーション

ハムストリングスの内側は半膜様筋と半腱様筋、外側は大腿二頭筋で構成されている。ハムストリングスは内外側ともに坐骨結節に起始し、半膜様筋は、脛骨後内側近位に付着。半腱様筋は遠位にて脛骨近位内側部に付着し、縫工筋、薄筋とともに鶯足部を構成している。大腿二頭筋長頭は大腿骨後方から起こった短頭