

膝関節の運動

日付 _____ チェック者 _____

■ 膝関節の骨格

□ 総論

- 膝は人体の中で最大の荷重関節であり、形態上は顆状関節に分類される。
- 膝関節を構成する主たる骨は大腿骨、脛骨、膝蓋骨の3つであるが、骨形態上の適合性は乏しく、その安定性に関しては靱帯、半月などの軟部組織に大きく依存している。
- 膝関節は大きくは膝蓋大腿関節と大腿脛骨関節との2つに分けられる。いずれも関節表面は関節軟骨に被覆されている。

□ 膝蓋骨

- 膝蓋骨は膝蓋腱に内包された人体中最大の種子骨である。
- 膝蓋骨の働きとして主要なものは、大腿四頭筋力を集合・合成し脛骨に伝達することである。
- 膝蓋骨の厚みによって膝の回転中心からのモーメントアームを大きくすることができるため、大腿四頭筋による膝伸展力をより効果的に作用させることができる(約50%増大させる)。

□ 大腿骨

- 大腿骨は後方部に顆間窩と呼ばれる空間を形成し、そこには前十字靱帯や後十字靱帯などが存在する。
- 一般的に内側顆は外側顆より大きい。

□ 脛骨

- 脛骨の2つの顆部の間には前十字靱帯や半月前角や後角の付着する顆間隆起が存在する。
- 脛骨の内側顆は矢状断の形状が凹面であるのに対し、外側顆は凸面である。
- 上記の不一致は介在する半月によってある程度代償されている。
- 脛骨の近位前面の突出部は脛骨粗面と呼ばれ、ここには膝蓋腱が付着する。

□ 腓骨

- 腓骨は膝関節面は構成しないが、外側側副靱帯や膝窩腓骨靱帯といった靱帯が付着し、大腿二頭筋も付着する。

□ 骨性アライメント

- 大腿骨の長軸と脛骨の長軸のなす角は直線状(180°)ではなく、軽度外反となっており(平均175°)、この角度を大腿脛骨角(FTA)と呼ぶ。
- 成人のFTAの正常値は173-177°であり、それより大きいものを内反膝、小さいものを外反膝という。
- 立脚期における下肢に加わる荷重線は股関節中心と足関節中心を結ぶ直線と考えられ、これを下肢機能軸あるいはミクリッツ線と呼ぶ。

- ミクリッツ線が膝関節の中央を通ることが理想とされる。

■ 膝関節の構造

□ 膝蓋大腿関節

- 膝伸展位では膝蓋骨下端が大腿骨滑車関節面にわずかに接触する程度であるが、屈曲するに従いそれらの接触部分が大腿骨では遠位へ、膝蓋骨は近位へ移動し、両者の接触面積は増大する。
- 膝蓋骨の静的安定性には大腿骨滑車と膝蓋骨の骨形態上の適合性と内側および外側膝蓋支帯や膝蓋腱が関与している。
- 動的には大腿四頭筋が膝蓋骨の動きを制御しており、全体としては大腿直筋の方向に牽引されるが、内側広筋は内上方に、外側広筋は外上方に、それぞれ膝蓋骨を牽引する。
- 膝蓋骨を近位方向に牽引する大腿四頭筋の牽引方向と、遠位への膝蓋腱によって牽引される方向がなす角の補角をQ角(Q-angle)といい、平均値は約15°である。
- Q角が大きいと膝蓋骨の外側脱臼の危険因子となりうる。
- 膝蓋大腿関節の関節包内には滑膜ひだと呼ばれる関節内面の皺(しわ)が存在する。

□ 大腿脛骨関節

- 大腿脛骨関節は内側と外側の2つの部分からなる。
- この部分に存在する重要な構造物に半月、靱帯がある。

□ 半月

- 内外側とも大腿骨関節面と脛骨関節面の間に半月(板)meniscusと呼ばれる線維軟骨で構成されている介在物が存在する。
- 半月の形状は上から見るとC字型で、断面はくさび状を呈しているが、内・外側半月には形態に差がある。
- 内側半月では前節が幅が狭く、薄く、後節に行くに従い広く、厚くなる。
- 外側半月は内側半月に比べ半径が小さなC字型を呈しているが、前節から後節までは大きさは比較的一定である。
- 半月の役割は、1)荷重の伝達・分散、2)膝の安定、3)関節の潤滑などである。
- 半月は膝の屈伸で大腿骨の形状に追従して前後に移動し、適合性を維持している。
- 外側半月は後節部に膝窩筋腱裂孔が存在することも一因となり、一般に内側半月に比して可動性が高い。

- 半月は血行に乏しい組織ではあるが、外周辺約1/3には血行が存在することが確認されている。

■ 靱帯

□ 総論

- 顆状関節である膝関節は骨形態での関節安定性は低いため、関節安定化のためには靱帯の機能がきわめて重要である。
- 靱帯には、1)外力に対しての関節の制動、2)関節の正常運動のガイド、3)神経終末を介しての関節センサー、の役割がある。
- 膝の靱帯は、大きく分類すると前十字靱帯、後十字靱帯、内側側副靱帯、後外側構成体(外側側副靱帯、膝窩筋腱、後外側関節包などからなる)から構成される。

□ 前十字靱帯(ACL)

- 前十字靱帯は大腿骨外側顆内側壁の後方部から起始し、そこから前内方に向かって脛骨顆間隆起の前内側部に停止する。
- 前十字靱帯は膝関節の前方不安定性に対する主制動因子であり、脛骨前方移動に対する制動力の80%以上を占める。
- 下腿内旋、外反、内反、膝過伸展に対しての制動力もある。
- 前十字靱帯は加齢とともに強度が低下する。
- 前十字靱帯は前内側線維束と後外側線維束とに区別することができる。
- 前内側線維束は全可動域にわたって張力が変化しないのに対し、後外側線維束は伸展位で緊張し、屈曲位では弛緩する。

□ 後十字靱帯(PCL)

- 後十字靱帯は大腿骨内側顆外側壁の前方部より起始し、そこから後外方に向かい顆間窩中央部で前十字靱帯と交差して脛骨顆間隆起後外方に停止する。
- 後十字靱帯は膝関節の後方不安定性に対する主制動因子であり、脛骨後方移動に対する制動力の90%以上を占める。
- 後十字靱帯は前外側線維束と後内側線維束とに区別できる。
- 前外側線維束が伸展位で弛緩し、屈曲位では緊張するのにに対し、後内側線維束は全可動域にわたって緊張した状態にある。

□ 内側支持機構

- 内側支持機構の中で最も重要な働きを担っているのが内側側副靱帯(MCL)である。
- 内側側副靱帯は狭義には大腿骨内側上顆から起始し、脛骨骨幹端内側に幅広く付着する扁平な靱帯(内側側副靱帯浅層)を指すが、広義には後斜靱帯や内側関節包靱帯を含む。
参照:テキストP.102 図Ⅱ-D-29
- 内側支持機構は3層に分類することができ、浅層(第1層)は筋膜、中間層(第2層)は内側側副靱帯浅層、深層(第3層)には関節包を含む。
参照:テキストP.102 図Ⅱ-D-30
- 内側側副靱帯は関節外靱帯であるが、後斜靱帯や内側関節包靱帯は、内側半月と密に結合している。
- 内側側副靱帯は膝の外反に対する主制動因子であり、外反に対する制動力の60-80%を占める。

□ 外側支持機構

- 膝関節外側部も、内側と同様に3層に分類することができる。
- 浅層(第1層)は筋膜、腸脛靱帯、大腿二頭筋腱、中間層(第2層)は膝蓋支帯や膝蓋大腿靱帯からなる。深層(第3層)は一番深部に関節包を含むが、その手前の層には外側側副靱帯(LCL)が存在する。
参照:テキストP.102 図Ⅱ-D-31
- 腸脛靱帯は大殿筋や大腿筋膜張筋の延長上にある大腿筋膜が肥厚した靱帯様組織であり、遠位は脛骨外側顆のGerdy結節に付着する。
- 腸脛靱帯は膝の外側の静的かつ動的安定性に寄与している。
- 後外側構成体
 - 膝関節の後外側支持機構は主として、1)外側側副靱帯、2)膝窩腓骨靱帯、3)膝窩筋、4)後外側関節包(弓状靱帯)からなるとされている。
参照:テキストP.102 図Ⅱ-D-32
 - 外側側副靱帯は大腿骨外側上顆から起始して腓骨頭に停止する。
 - 外側側副靱帯は膝の内反動揺性に対する主制動因子であり、内反に対する制動力の50-70%を占める。
 - 膝窩腓骨靱帯は膝窩筋腱の一部が分岐して腓骨頭に付着した部分を指し、これは膝の外旋制動に貢献している。

□ 膝関節の運動

- 膝の基本的運動は矢状面における屈曲伸展と屈曲時に生じる骨軸を中心とする回転運動すなわち内旋・外旋である。
- 脛骨関節面上の大腿骨顆部の動きは転がりとするべりの混合運動である。伸展位付近(0-20°)では転がりのみであるが、屈曲に従いすべりの比率が増加し、深屈曲時にはほとんどすべりのみとなる。
- 大腿骨および脛骨の接触部分は伸展から屈曲するに従い、両者ともに前方から後方へと移動する。

□ screw-home movement

- 膝関節屈曲位から伸展していくと最終伸展時に急激に外旋する(約14°)。この自動外旋運動をscrew-home movement(ねじ込み運動)という。
- この外旋により、伸展位での膝がロックされ安定する。

□ 膝関節の筋

- 大腿四頭筋は代表的な抗重力筋であり、外傷などで活動性が低下すると筋萎縮をきたしやすい。特に内側広筋は萎縮をきたしやすい。