



Biomecânica dos Complexos Articulares do **MEMBRO INFERIOR**

Isabel Sacco – FMUSP

1



Biomecânica do Complexo Articular do Joelho

Isabel Sacco

2

Questoes Cap.

- ◆ Defina ângulo Q
- ◆ Quais são os músculos da pata de ganso?
- ◆ Qual ligamento tem a mesma função do LCA e qual tem a mesma função do LCP?
- ◆ Quais estruturas aumentam a congruência articular femorotibial?

3

COMPLEXO ARTICULAR do JOELHO

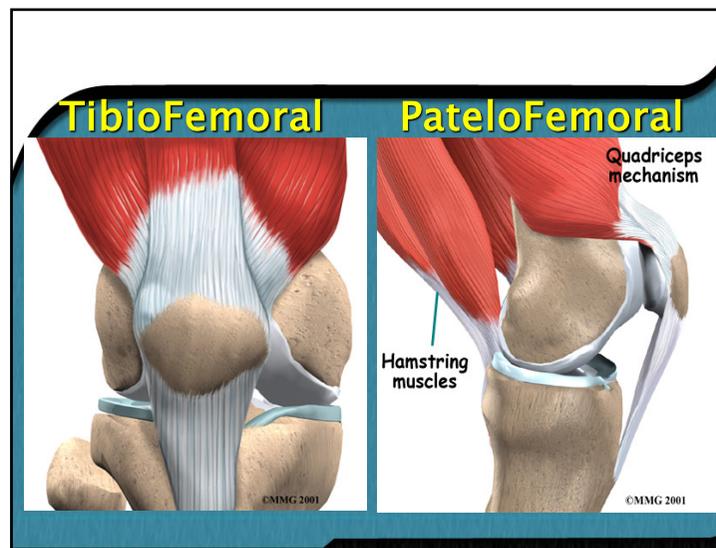
- ◆ Atividades Vida Diária
- ◆ Atividade Física
- ◆ Atividades Esportivas
- ◆ Reabilitação



4



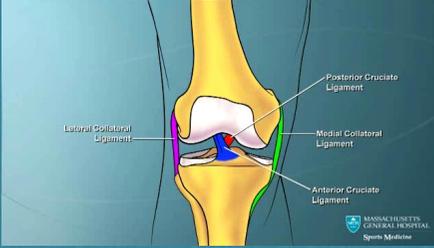
5



6

Aspectos gerais Joelho

- Video OA



The diagram illustrates the ligaments of the knee joint. The Lateral Collateral Ligament is shown on the left side, connecting the femur to the fibula. The Medial Collateral Ligament is on the right side, connecting the femur to the tibia. The Anterior Cruciate Ligament is in the center, connecting the anterior part of the femur to the anterior part of the tibia. The Posterior Cruciate Ligament is also in the center, connecting the posterior part of the femur to the posterior part of the tibia. The diagram is credited to MANCHESTER GENERAL HOSPITAL Sports Medicine.

7

Complexo Articular do Joelho



Artrite reumatoide

8



9



10

Flexão e Extensão

Articulação Femorotibial

Flexão = 120° (quadril estendido)
 130 / 140° (quadril fletido)
 160° (passiva)

Extensão = -5/-10°

Flexion and extension in the sagittal plane

A Tibial-on-femoral perspective B Femoral-on-tibial perspective

11

Rotações

Articulação Fêmorotibial

Rotação Medial 30°

Rotação Lateral 40°

↪ Joelho parcialmente flexionado

12



13

Articulação Patelofemural

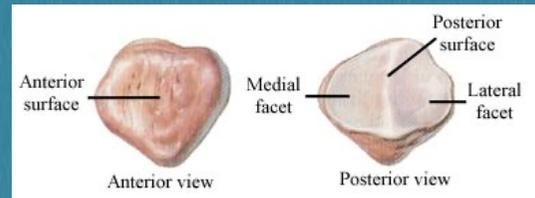
- ◆ Articulação menos
congruente do corpo
- ◆ Alto índice de disfunções
- EX: Síndrome Fêmoro Patelar
- 25-30% da população
- ◆ Graus de liberdade

Patelatrack_flex

14

Art Patelofemoral

- Ligamento patelar fixado entre o ápice da patela e a tuberosidade tibial;

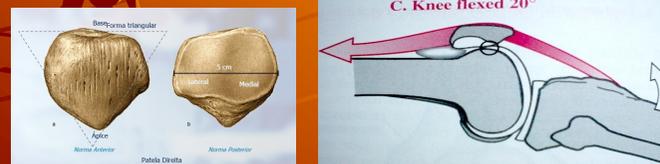


15

PATELA

FUNÇÕES IMPORTANTES

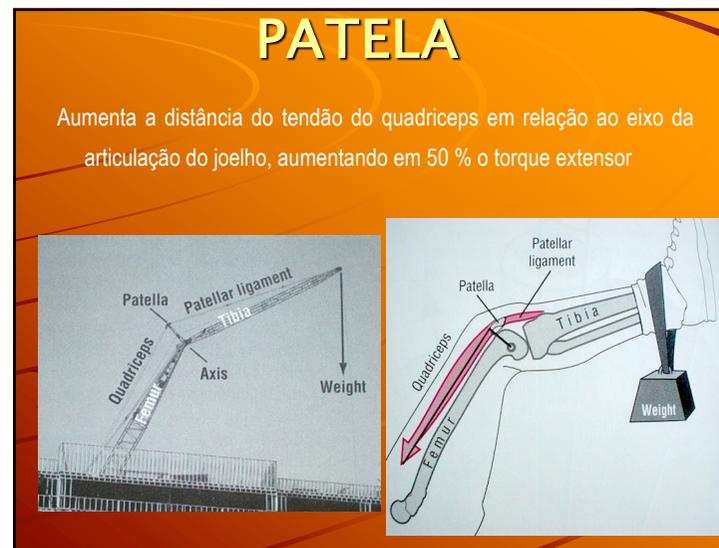
- Proteger o joelho de traumas diretos
- Reduzir a fricção entre o tendão do quadríceps femoral e os côndilos do fêmur
- Proporcionar uma vantagem mecânica à este músculo, aumentando em 50 % a força de extensão do joelho (aumenta o braço potente)



16



17



18

Artrocinemática Patelofemoral

- Extensão total - superfície intercondilar coxim
- Em 20° de flexão o contato ocorre no pólo inferior
- Entre 60° - 90° ocorre o maior contato entre patela e fêmur (= 30% da superfície articular da patela) diminuição da compressão P=F/A
- A partir de 90° flexão a região de contato da patela migra inferiormente
- Em 135° flexão : contato da faceta lateral e oculta

D. Path of sliding patella on the femur

The diagram illustrates the path of the sliding patella on the femur at four different flexion angles: 20°, 60°, 90°, and 135°. The femur is shown with the lateral and medial epicondyles labeled. Dashed lines indicate the contact points of the patella at each angle. At 20°, the contact is at the inferior pole. At 60° and 90°, the contact is in the middle. At 135°, the contact is at the superior pole, specifically on the lateral epicondyle.

19

Art. Patelofemoral - Cinemática

Em 135° flexão a porção lateral da faceta lateral da patela está em contato com o fêmur próximo ao pólo superior, a patela repousa na tróclea.

- Em 90° flexão a região de contato da patela migra inferiormente

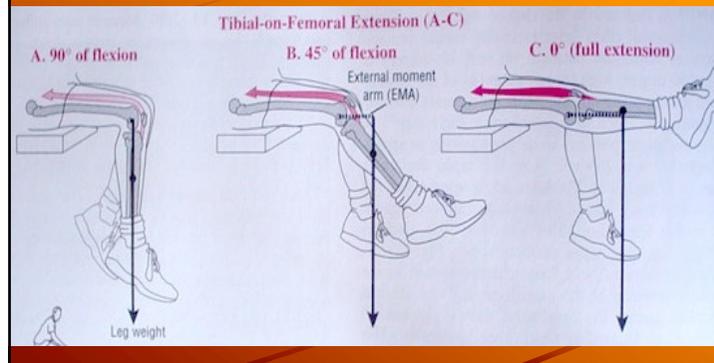
The three diagrams illustrate the kinematics of the patellofemoral joint at different flexion angles:

- A. Knee flexed 135°:** Shows the patella resting on the trochlea. The quadriceps muscle is shown pulling the patella anteriorly. Labels include Quadriceps, Patella, Femur, Tibia, and Transverse ligament.
- B. Knee flexed 90°:** Shows the patella resting on the femur. The quadriceps muscle is shown pulling the patella anteriorly.
- C. Knee flexed 20°:** Shows the patella resting on the femur. The quadriceps muscle is shown pulling the patella anteriorly.

20

Cadeia Cinética Aberta (CCA)

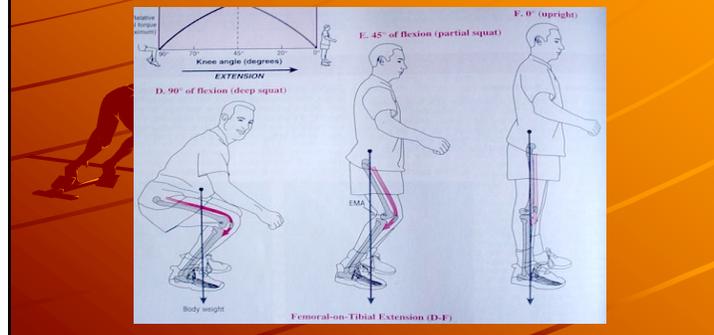
- ✦ Braço da resistência aumenta da flexão para a extensão
- ✦ 0 a 20° (não há contato)



21

Cadeia Cinética Fechada (CCF)

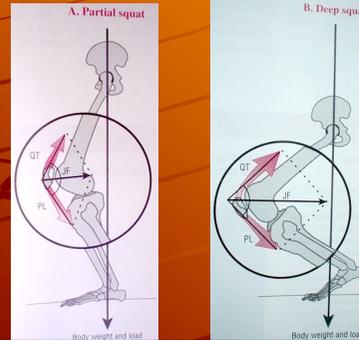
- ✦ Braço resistente aumenta com a flexão
- ✦ Quanto maior a flexão maior as forças compressivas na F-P



22

Forças de Compressão na Patelofemural

- Ângulo de Flexão
- Ativação do Quadríceps femoral

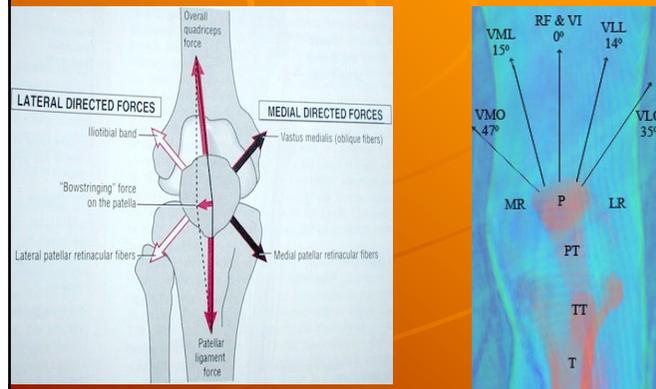


3,3 PC = Subir escadas
7,8 PC = Agachamento



23

Estabilizadores da Patela



Vetores longitudinais não lineares: Para onde a patela tende a ser tracionada?

24

Estabilidade X Flexibilidade

Incongruência Óssea

↓

Estabilidade
(mm, liga/tos, cápsula, meniscos)

↓

Grande incidência de disfunções



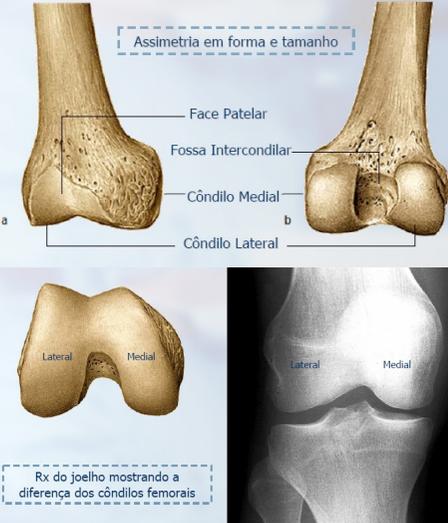
25

Côndilos Femorais

(konylos = saliência)

- **Côndilo Medial**
- Maior
- Maior angulação (30°)
- **Côndilo Lateral**
- Menor
- Menor angulação

Obs: Epicôndilos



26

Platôs Tibiais

Face articular 2x menor que os cõndilos!!!

Mais **convexo** = permite + rolamento e deslizamento

Mais **côncavo** = limita + rolamento e deslizamento

27

Incongruência entre os cõndilos femorais e os platôs tibiais

Como aumentar a congruência articular?

MENISCOS

©MMG 2001

28

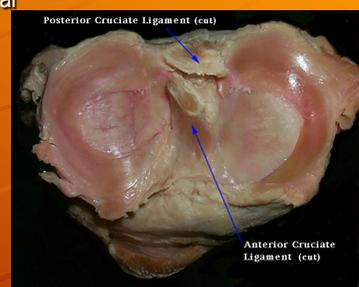
<h3>Estabilizadores passivos</h3> <ul style="list-style-type: none">◆ Meniscos◆ Ligamentos◆ Cápsula articular	<h3>Estabilizadores ativos</h3> <ul style="list-style-type: none">◆ Músculos
---	--



29

Meniscos

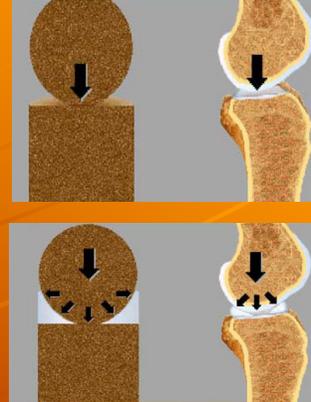
- ◆ Placas semilunares de fibrocartilagem
- ◆ Repousam na face articular dos platôs tibiais
- ◆ Cobrem $\frac{2}{3}$ da superfície articular



30

Meniscos – Funções

- ✦ Diminui o stress compressivo na articulação femorotibial
- ✦ diminui pressão (F / A) na cartilagem
- ✦ Suporta cerca de 40% da carga total imposta aos joelhos.
- ✦ Aprofundar a face de contato femorotibial
- ✦ Estabilização
- ✦ Orienta artrocinemática

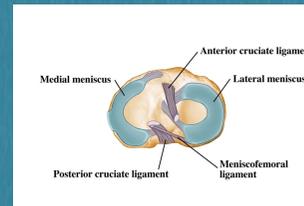
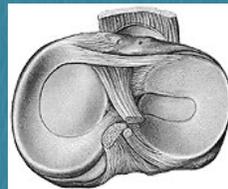


31

MENISCOS – CITROEN

São discos articulares cartilagosos assimétricos

- Menisco medial – semicírculo
- Menisco lateral - quase um anel



32

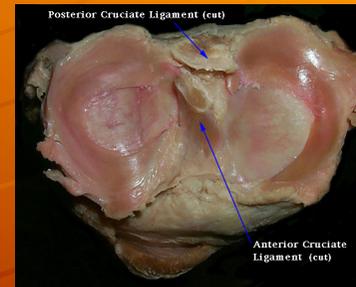
Menisco Lateral

- Fixado ao LCP, Poplíteo (via cápsula) e aos ligamentos Menisco-femoral posteriores
- Conexões consideradas frouxas permitindo ao Menisco Lateral certa mobilidade
- O tendão do músculo poplíteo passa entre o LCL e a borda externa do Menisco Lateral.

33

Menisco Lateral

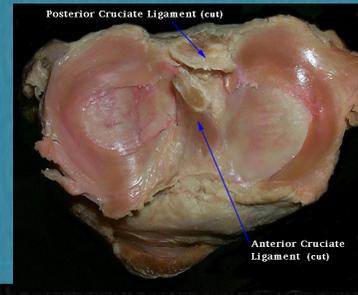
- ✦ LCP, Poplíteo (poucas fixações)
- ✦ Compartimento lateral (condilo lateral menor, platô tibial lateral mais convexo – menos congruência)
- ✦ Mobilidade ?



34

Menisco Medial

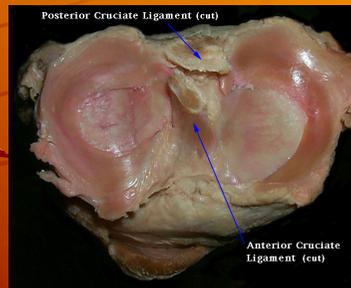
- Fixado ao LCM, LCA e cápsula adjacente
- Menos móvel que o Menisco Lateral
- Muito mais lesado que o Menisco Lateral.



35

Menisco Medial

- ◆ Fixado ao LCM, LCA e cápsula, quadriceps, semimembranoso
- ◆ Compartimento medial : maior congruência óssea
- ◆ Menos móvel que o Menisco Lateral
- ◆ Muito mais lesado que o Menisco Lateral
- ◆ (pivô)



36

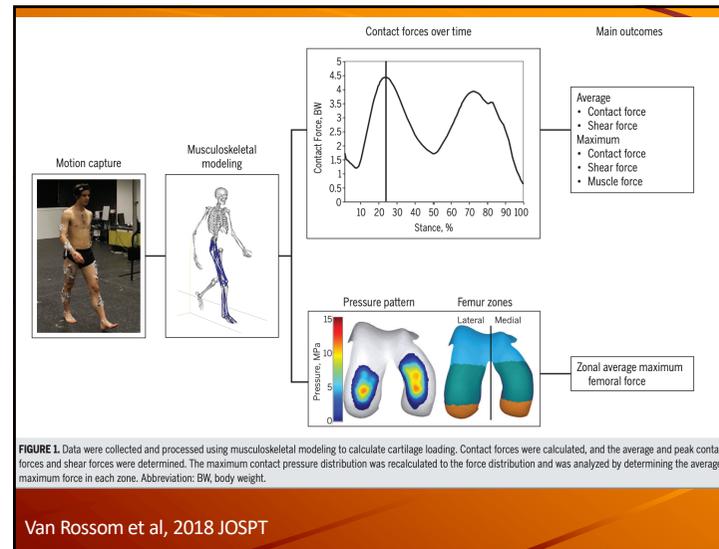
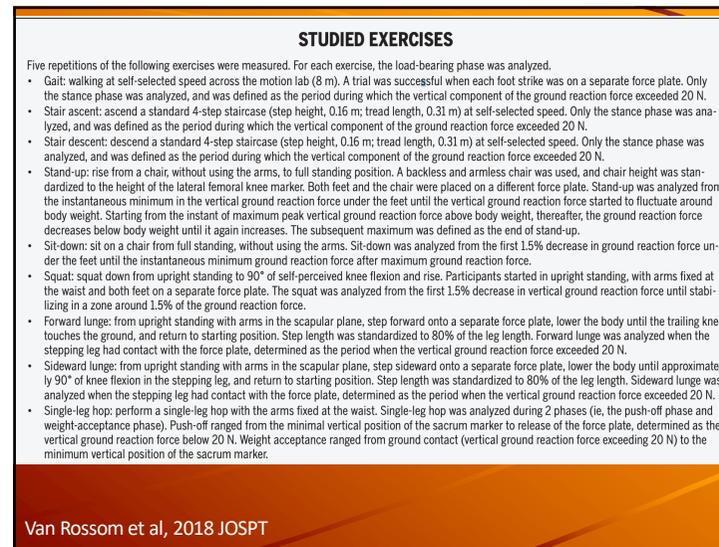


FIGURE 1. Data were collected and processed using musculoskeletal modeling to calculate cartilage loading. Contact forces were calculated, and the average and peak contact forces and shear forces were determined. The maximum contact pressure distribution was recalculated to the force distribution and was analyzed by determining the average maximum force in each zone. Abbreviation: BW, body weight.

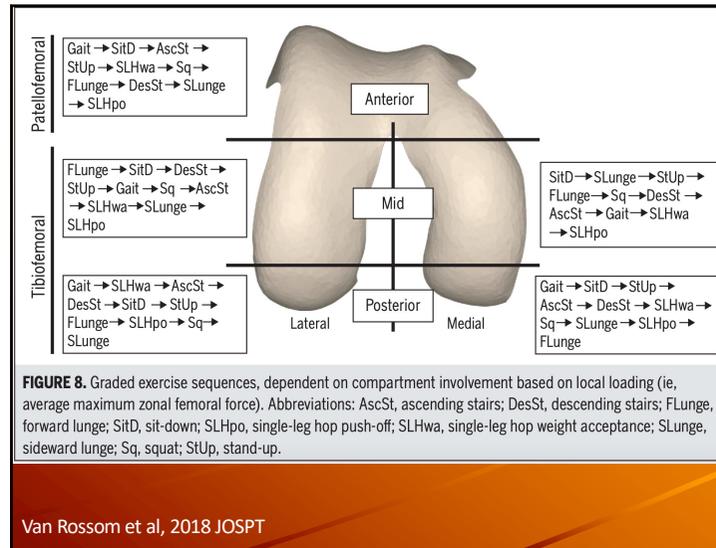
Van Rossom et al, 2018 JOSPT

37

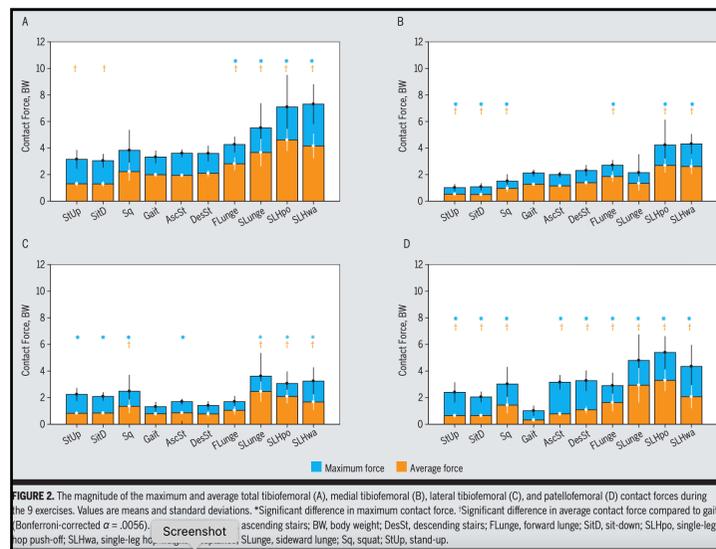


Van Rossom et al, 2018 JOSPT

38



39



40

Ligamentos

Ligamentos Cruzados

- ◆ Ligamento Cruzado Anterior(LCA)
- ◆ Ligamento Cruzado Posterior (LCL)

Ligamentos Colaterais

- ◆ Ligamento Colateral Medial (LCM)
- ◆ Ligamento Colateral Lateral (LCL)



41

Ligamentos



TensaoLCA_LCP_LCM

42

Ligamentos Cruzados

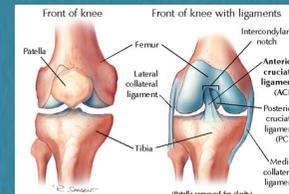
- ✓ Intra-capsulares e extra sinovial
- ✓ Suprimento sanguíneo proveniente de pequenos vasos da membrana sinovial e tecidos moles adjacentes;

São nomeados de acordo com suas fixações na tíbia!!!

43

Ligamentos Cruzados

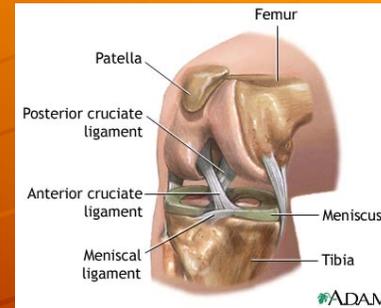
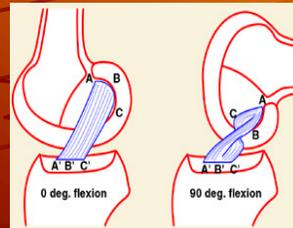
- Gera maior resistência às forças de cisalhamento AP entre F e T;
- Atuando juntos resistem a todos os movimentos extremos do J;
- Não se recuperam sozinhos, logo uma cirurgia se faz necessário;
- Lesão gera instabilidade importante J;
- São grossos e fortes



44

Ligamento Cruzado Anterior (LCA)

- LCA gera 85% de resistência total passiva à translação anterior da tibia.
- Auxilia a estabilizar a extensão do joelho
- Resiste à Rotação medial



45

Ligamento Cruzado Anterior – LCA

Inserção
Face pôstero-medial
epicôndilo lateral



Origem
Face ântero-lateral eminência
intertrocantérica



46



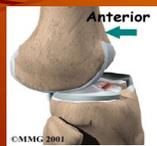
47

Lesão Clássica

48

Lesão Clássica

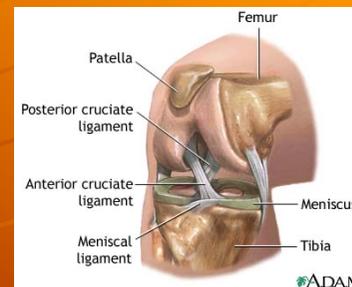
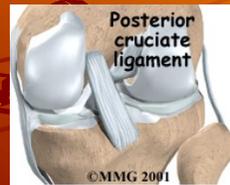
CCF em flexão
 “stress” em valgo
 + rotação lateral fêmur



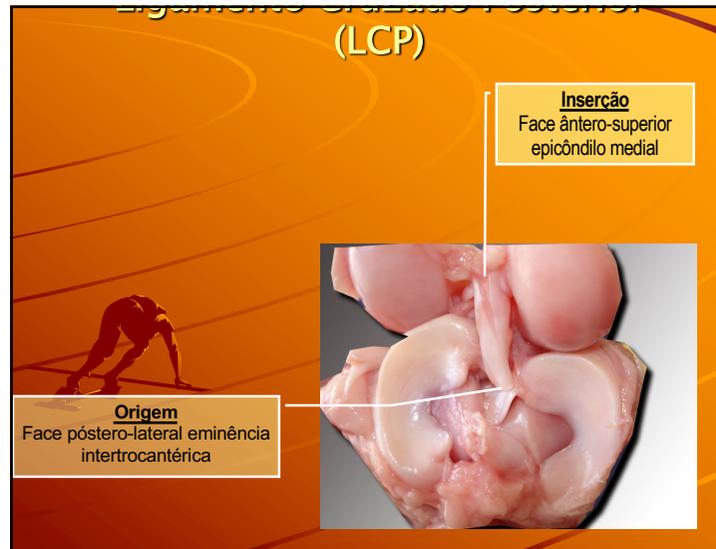
49

Ligamento Cruzado Posterior (LCP)

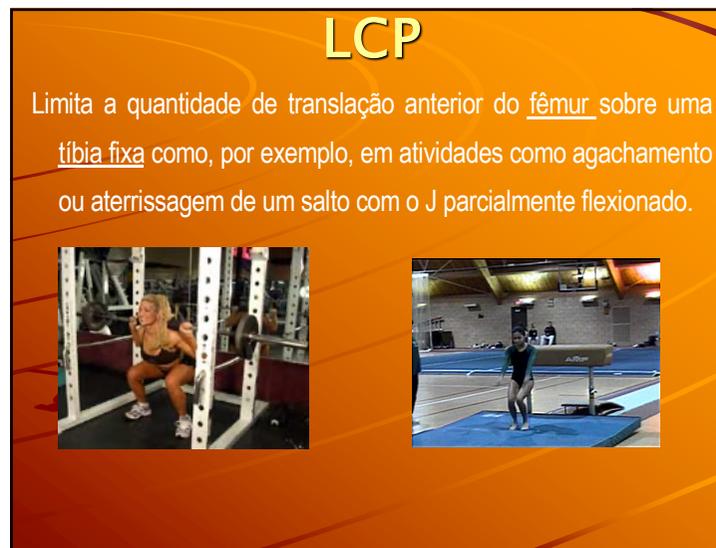
- ◆ 95% de resistência total passiva durante a translação posterior da tibia.
- ◆ Resiste Rotação medial



50



51



52

Mecanismos de Lesão – LCP

- ◆ Cair em cima do joelho flexionado;
- ◆ Trauma pré – tibial (painel do carro);



53

Ligamentos Colaterais

- Ligamento Colateral Medial (LCM)
- Ligamento Colateral lateral (LCL)

Principal função é a de limitar movimentos excessivos no plano frontal;

Resistem a extremas rotações medial e lateral quando o J está em flexão;

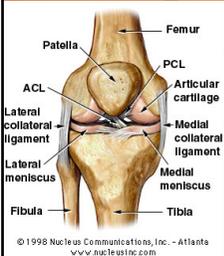
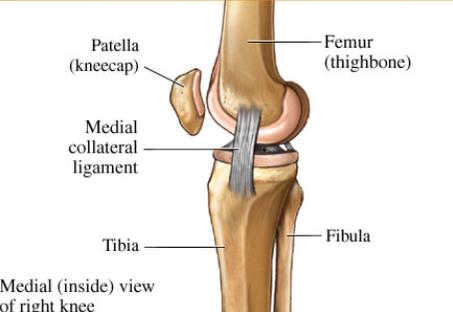
Estão tensos na extensão total do joelho, logo resistem a hiperextensão.

54

Ligamento Colateral Medial

Resiste:

- ◆ Ao estresse em valgo ou stress em abdução(tíbia)
- ◆ Auxilia a limitar o deslocamento anterior da tíbia(LCA ausente).

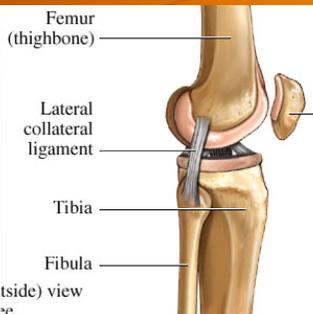
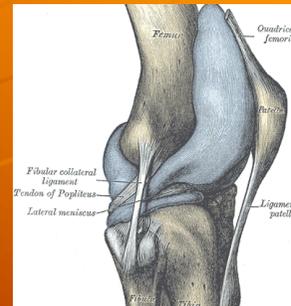
Medial (inside) view of right knee

55

Ligamento Colateral Lateral

Resiste:

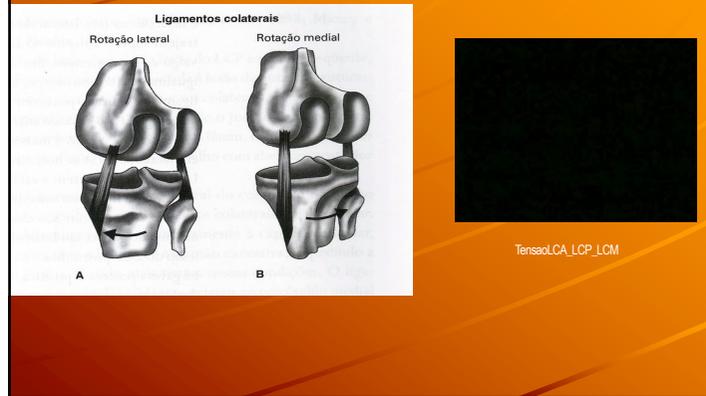
- ◆ Ao stress em varo ou adução (tíbia)
- ◆ Auxilia a limitar o deslocamento posterior da tíbia

Lateral (outside) view of right knee

56

Ligamentos Colaterais X Rotações



57

Mecanismo de Travamento ou Parafuso



58

Mecanismo de Travamento ou Parafuso

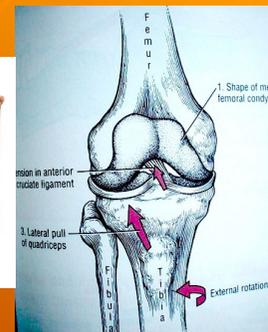
- ◆ A tibia faz rotação lateral sobre o fêmur fixo nos últimos 30° da extensão
- ◆ Acontece tanto em CCA quanto CCF
- ◆ Rotação automática, não voluntária.
- ◆ Rotação que leva a uma posição de estabilidade

59

Mecanismo de Travamento ou Parafuso

Ocorre devido:

- 1) Forma dos côndilos femorais / platôs tibiais (assimetria do rolamento)
- 2) Tensão no LCA (orientação fibras)
- 3) Tracionamento lateral do quadríceps



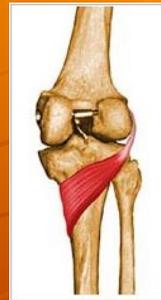
60

Flexão Ativa

- ◆ Para iniciar a flexão o Joelho tem que ser destravado
 - ◆ Esta ação é executada pelo poplíteo que:
 - roda lateral o fêmur na flexão fêmur – tibia (CCF) ou...
 - roda medial a tibia na flexão tibia – fêmur(CCA)
- Portanto, a direção das fibras do poplíteo é...

61

Flexão Ativa



62

Alinhamento Normal do Joelho – Plano Frontal

VALGO FISIOLÓGICO

- Fêmur proximal apresenta 125° de inclinação
- Devido ao eixo anatômico do fêmur – oblíquo
- Dirigido inferior e medialmente de proximal para distal
- Superfície articular da tíbia é horizontal
- Formação de ângulo medial à articulação de 170° a 175°.



63

Desvios de Alinhamento

Plano Frontal

◆ Genu Valgum (knock knee) < 170°



◆ Genu Varo (bow-leg) > 175°



Plano Sagital

◆ Genu Recurvatum (hiperextensão)



64



65

Genu Varo

- leve - aumenta a compressão sobre o menisco medial em 25%
- 5 ° de varo - aumenta as forças em 50%.



66



67

Genu Valgo

- Aumento de força compressiva no côndilo lateral
- Aumenta o estresse de estiramento sobre as estruturas mediais

68

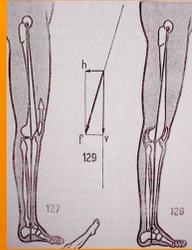
Recurvatum

Quanto > o recurvatum + distensão > recurvatum

Menos uso do quadríceps em pé

Resistem:

- ↗ Ligamentos colaterais
- ↗ Cápsula posterior
- ↗ Músculos flexores do joelho
- ↗ LCA
- ↗ LCP



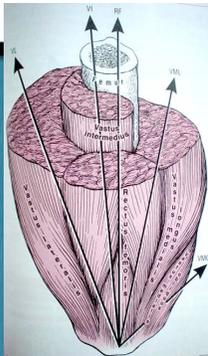
69

Músculos extensores

Extensores:

Quadríceps femoral (QUA):

1. Reto femoral → produz 20% do torque
2. Vasto lateral
3. Vasto intermédio
4. Vasto medial → produzem 80% do torque extensor



Se unem em tendão comum – tendão do quadríceps – Lig. Patelar

70

Reto Femoral

- ✦ Extensor J / flexor Q
- ✦ Eficácia depende da posição do Quadril
- ✦ Distância entre as fixações
- ✦ quadril (não fletido)+ Joelho 45° (quadríceps = Potência Máx)




71

MÚSCULOS FLEXORES	MÚSCULOS ROTADORES
• Semimembranoso	• Semimembranoso (RM)
• Semitendinoso	• Semitendinoso (RM)
• Bíceps femoral	• Bíceps femoral (RL)
• Sartório (Q e J)	• Sartório (RM)
• Grácil (Q e J)	• Grácil (RM)
• Poplíteo	• Poplíteo (RL do F em CCF, RM da T em CCA)
• Gastrocnêmios.	

72

Isquiotibiais

- ◆ Extensores do Quadril
- ◆ Flexores do Joelho



73

Gastrocnêmios

- ◆ Extensores do tornozelo
- ◆ Flexores joelho



74