



Biomecânica dos Complexos Articulares do **MEMBRO INFERIOR**

Isabel Sacco – FMUSP

1

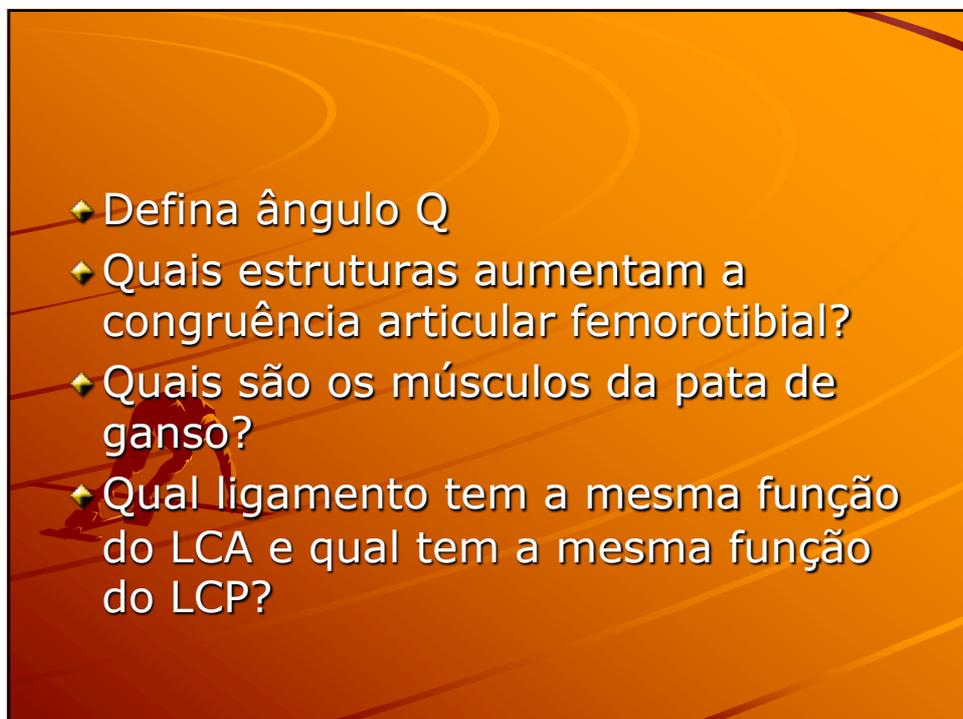
BIOMECÂNICA DO COMPLEXO DO JOELHO

**Isabel Sacco
FMUSP**

2



3



4

COMPLEXO ARTICULAR do JOELHO

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

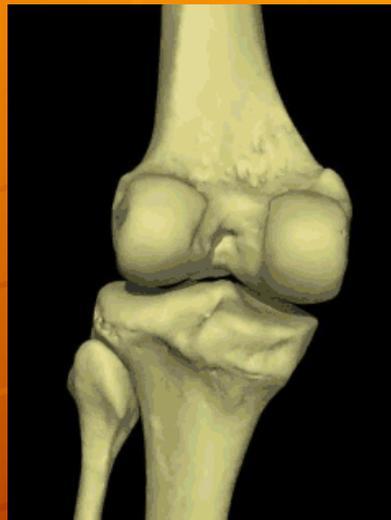
- ◆ Reabilitação



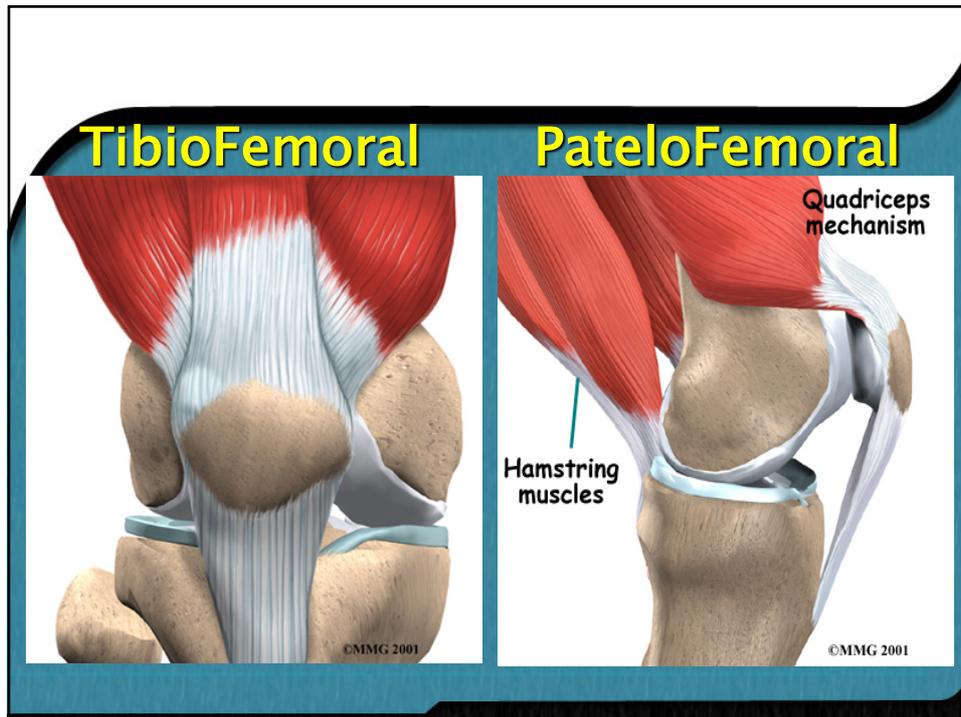
5

Complexo Articular do Joelho

- ◆ Femorotibial
- ◆ Patelofemural



6



7



8



9



10

Articulação Femorotibial

◆ 2 Graus de liberdade

Plano Sagital Eixo latero-lateral

Plano Transverso Eixo longitudinal



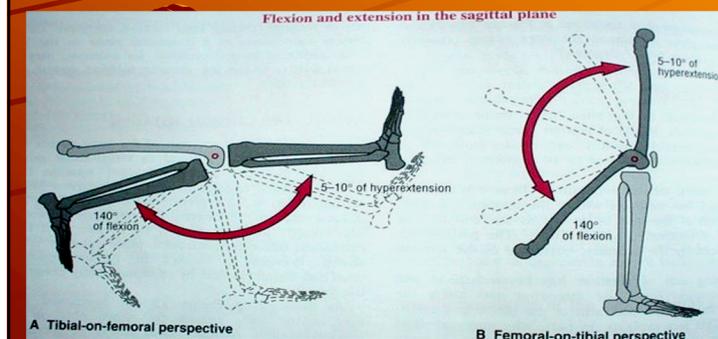
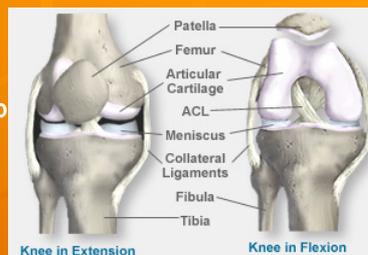
11

Flexão e Extensão

Articulação Femorotibial

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

Extensão = -5/-10°



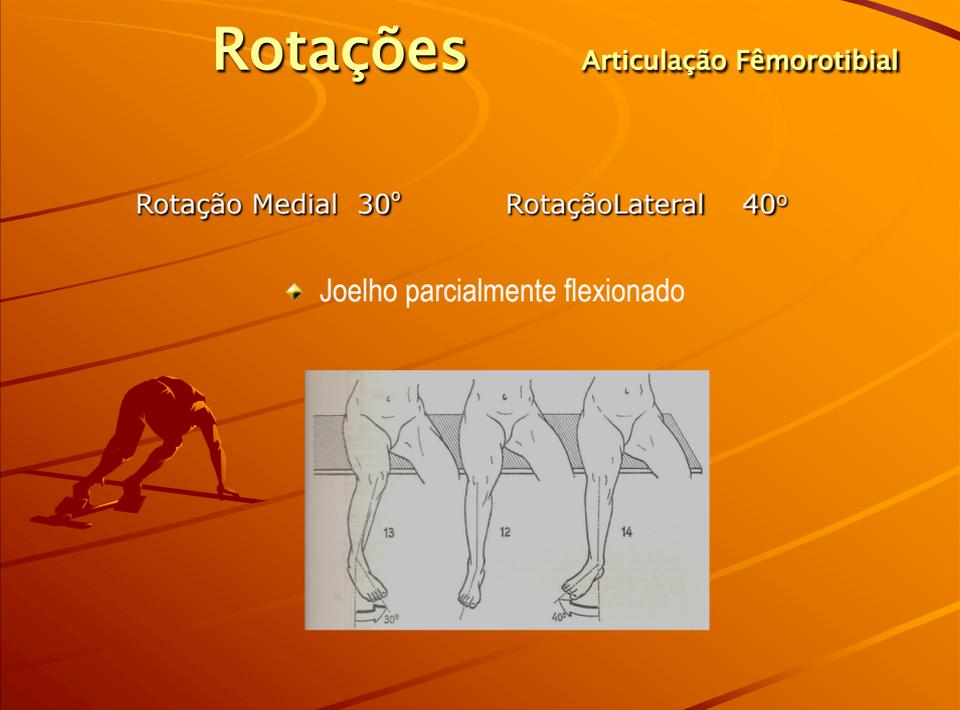
12

Rotações

Articulação Fêmorotibial

Rotação Medial 30° Rotação Lateral 40°

◆ Joelho parcialmente flexionado



13

Artrocinemática da flexão e extensão

Articulação Femorotibial



Flexão CCA

Flex_ext_patela

14

Articulação Patelofemural

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

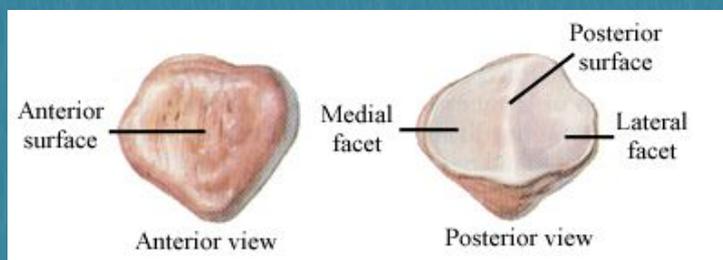


Patelatrack_Jflex

15

Art Patelofemoral

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



16

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)



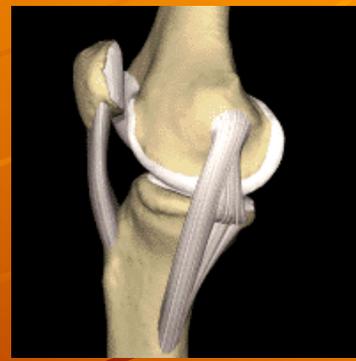
17

Articulação Patelofemoral

Face patelar côndilos convexa

Face femoral patela côncava e tamanho dos côndilos

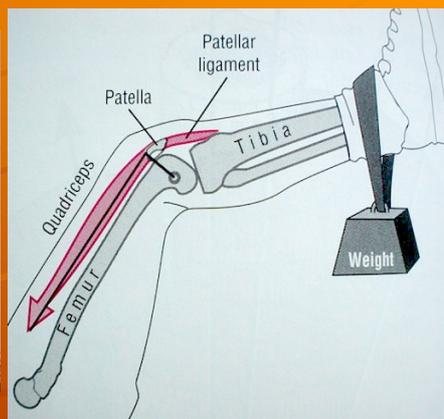
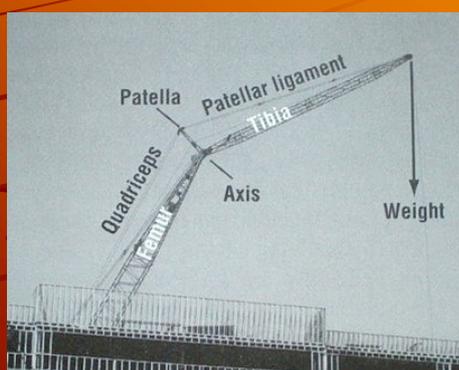
Face lateral da patela é maior
Maior encaixe com côndilo lateral



18

PATELA

Aumenta a distância do tendão do quadriceps em relação ao eixo da articulação do joelho, aumentando em 50 % o torque extensor

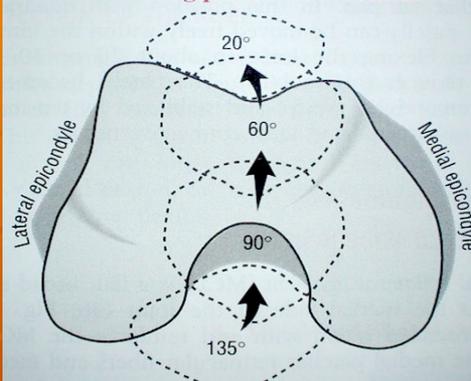


19

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

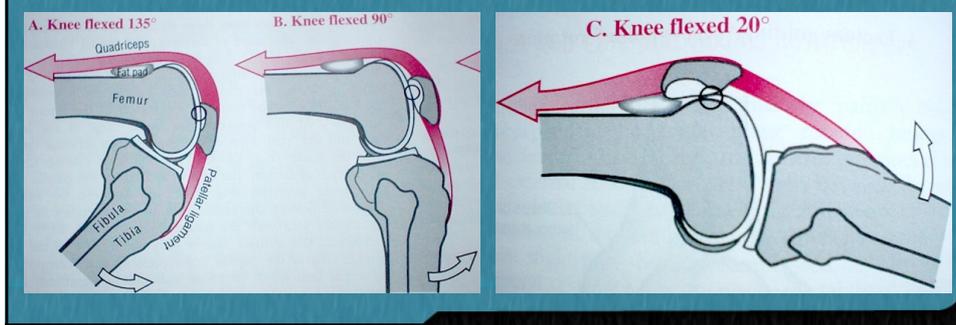
D. Path of sliding patella on the femur



20

Art Patelofemoral – Cinemática

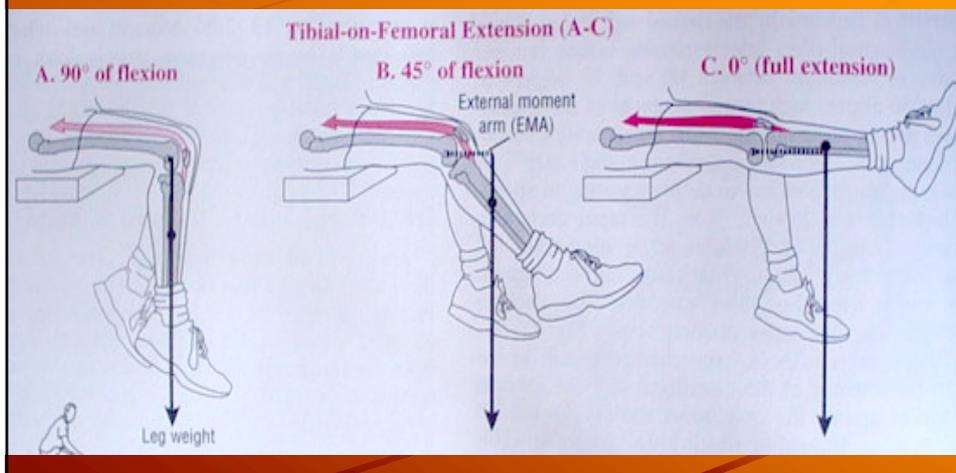
- Em 135° flexão a porção lateral da faceta lateral da patela está em contato com o fêmur próximo ao pólo superior, a patela repousa na tróclea.
- Em 90° flexão a região de contato da patela migra inferiormente



21

Cadeia Cinética Aberta (CCA)

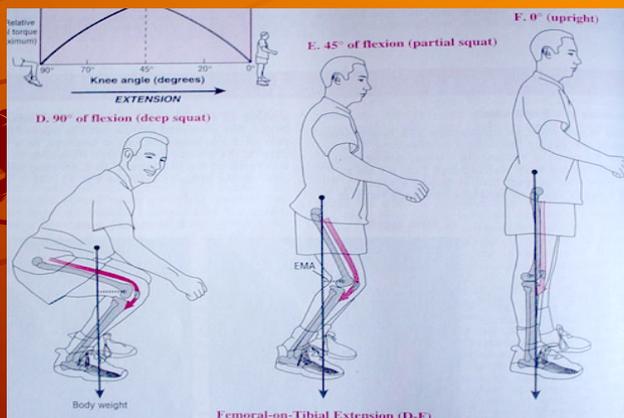
- ◆ Braço da resistência aumenta da flexão para a extensão
- ◆ 0 a 20° (não há contato)



22

Cadeia Cinética Fechada (CCF)

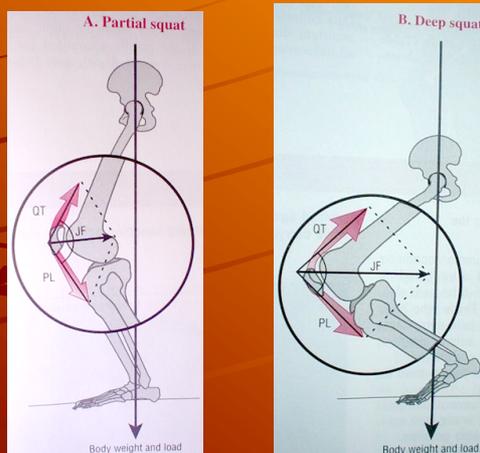
- ◆ Braço resistente aumenta com a flexão
- ◆ Quanto maior a flexão maior as forças compressivas na F-P



23

Forças de Compressão na Patelofemural

- Ângulo de Flexão
- Ativação do Quadríceps femoral

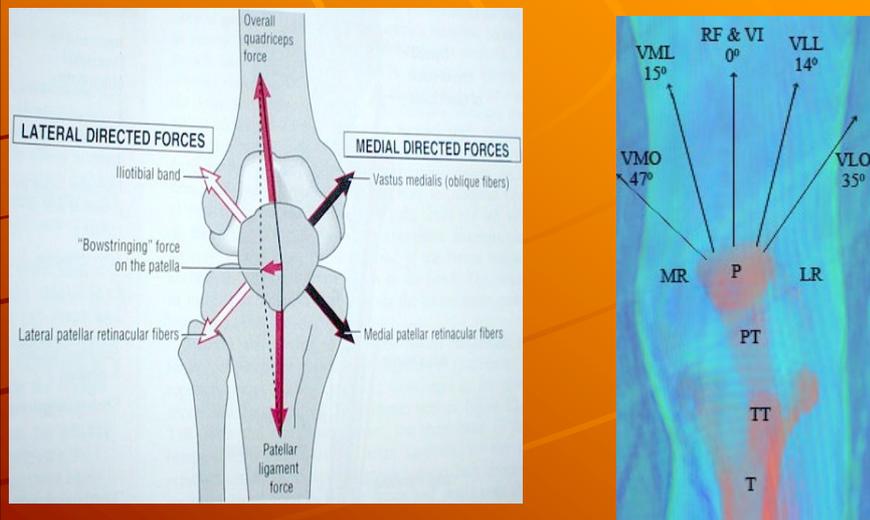


3,3 PC = Subir escadas
7,8 PC = Agachamento



24

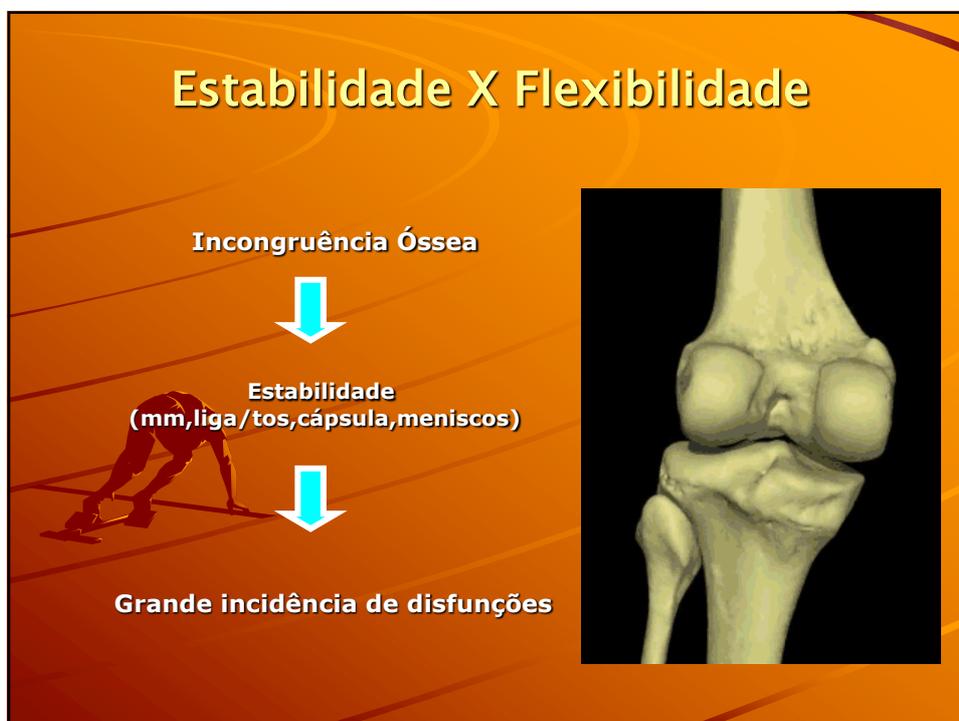
Estabilizadores da Patela



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

25

Estabilidade X Flexibilidade



26

Côndilos Femorais

(konylos = saliência)

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

Obs: Epicôndilos

Assimetria em forma e tamanho

Face Patelar
Fossa Intercondilar
Côndilo Medial
Côndilo Lateral

Lateral Medial

Lateral Medial

Rx do joelho mostrando a diferença dos côndilos femorais

27

Platôs Tibiais

Face articular 2x menor que os côndilos!!!

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

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

Tuberosity
Medial condyle
Lateral condyle
Intercondyloid eminence

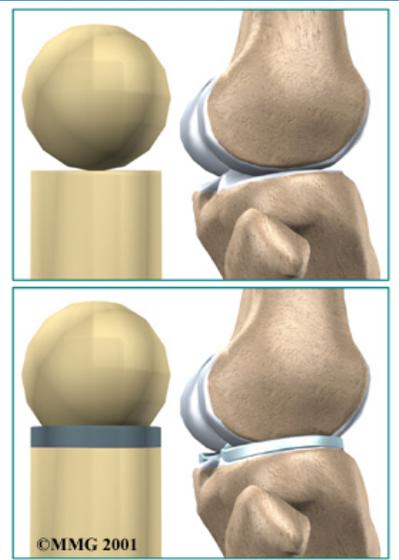
A P L M P A M L

28

Incongruência entre os côndilos femorais e os platôs tibiais

Como aumentar a congruência articular?

MENISCOS



©MMG 2001

29

Estabilizadores passivos

- ◆ Meniscos
- ◆ Ligamentos
- ◆ Cápsula articular

Estabilizadores ativos

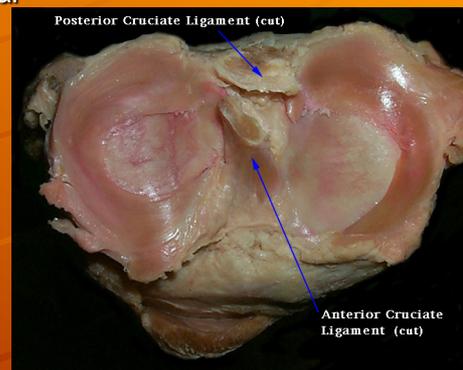
- ◆ Músculos



30

Meniscos

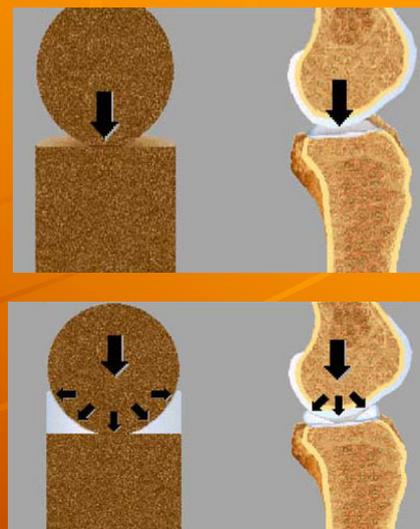
- ◆ Placas semilunares de fibrocartilagem
- ◆ Repousam na face articular dos platôs tibiais
- ◆ Cobrem $\frac{2}{3}$ da superfície articular



31

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

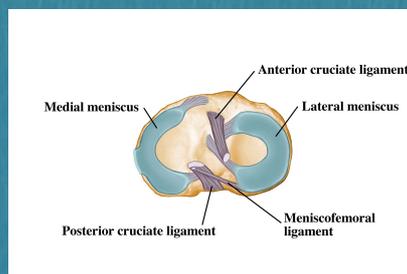
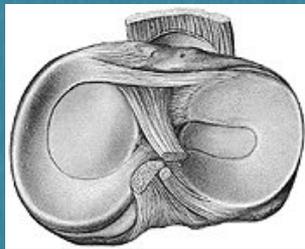


32

MENISCOS – CITROEN

São discos articulares cartilagosos assimétricos

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



33

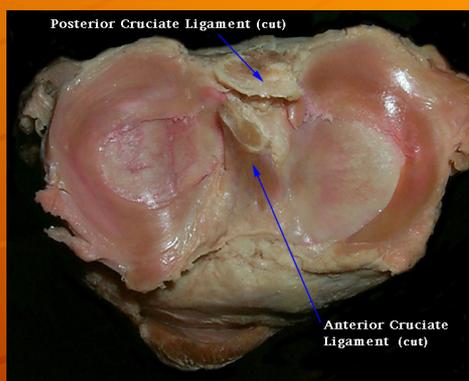
Menisco Lateral

- 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.

34

Menisco Lateral

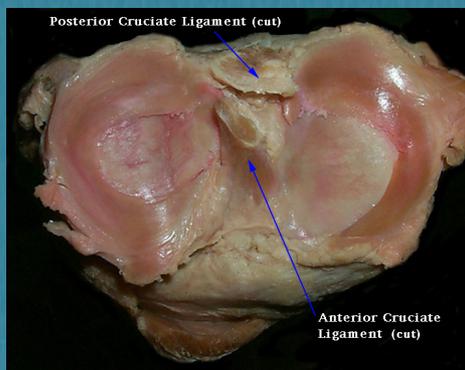
- ◆ LCP, Poplíteo (poucas fixações)
- ◆ Compartimento lateral (condilo lateral menor, platô tibial lateral mais convexo – menos congruência)
- ◆ Mobilidade ?



35

Menisco Medial

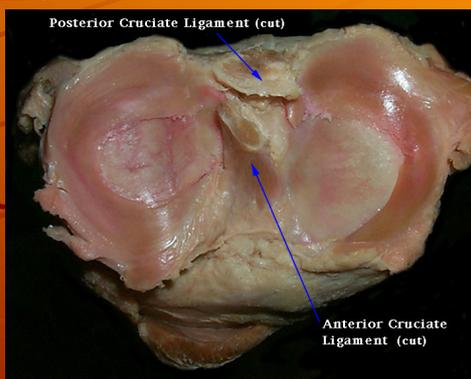
- Fixado ao LCM, LCA e cápsula adjacente
- Menos móvel que o Menisco Lateral
- Muito mais lesado que o Menisco Lateral.



36

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)



37

Ligamentos

Ligamentos Cruzados

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



Ligamentos Colaterais

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

38



39

Ligamentos Cruzados

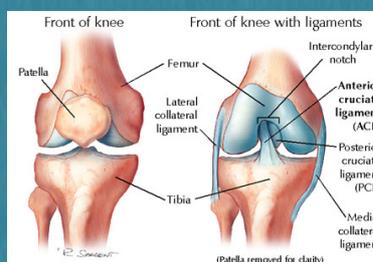
- ✓ Intra-capsulares e extra sinovial
- ✓ Suprimento sanguíneo proveniente de pequenos vasos da membrana sinovial e tecidos moles adjacentes;

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

40

Ligamentos Cruzados

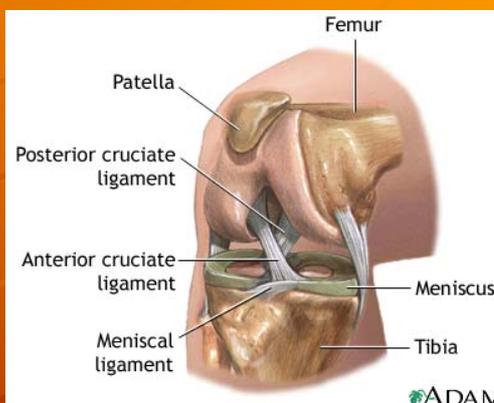
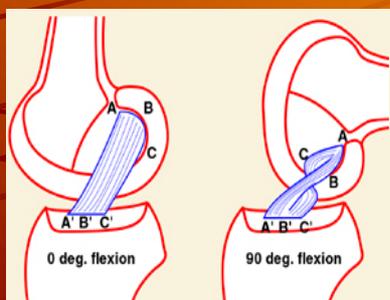
- Gera maior resistência às forças de cisalhamento AP entre F e T;
- Atuando juntos resistem a todos os movimentos extremos do J;
- Não se recuperam sozinhos, logo uma cirurgia se faz necessário;
- Lesão gera instabilidade importante J;
- São grossos e fortes



41

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

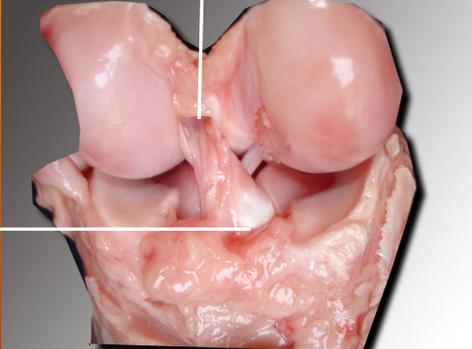


42

Ligamento Cruzado Anterior – LCA

Inserção
Face pósteromedial
epicôndilo lateral

Origem
Face anterolateral
eminência
intertrocantérica



43



44

Lesão Clássica



45

Lesão Clássica

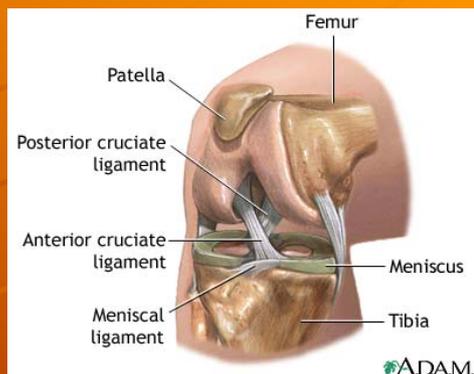
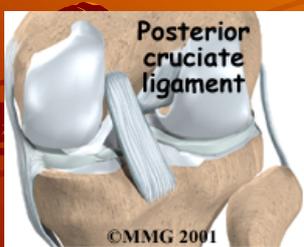
CCF em flexão
“stress” em valgo
+ rotação lateral fêmur



46

Ligamento Cruzado Posterior (LCP)

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



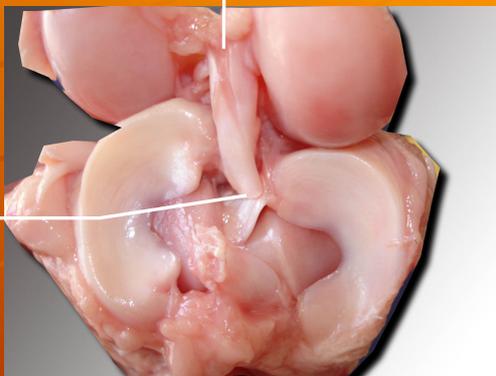
47

Ligamento Cruzado Posterior (LCP)

Inserção
Face ântero-superior
epicôndilo medial



Origem
Face póstero-lateral eminência
intertrocantérica



48

LCP

Limita a quantidade de translação anterior do fêmur sobre uma tíbia fixa como, por exemplo, em atividades como agachamento ou aterrissagem de um salto com o J parcialmente flexionado.



49

Mecanismos de Lesão – LCP

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



50

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;

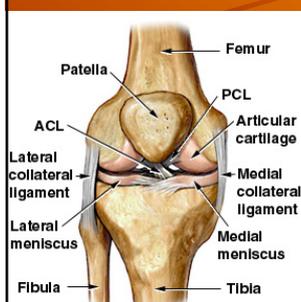
Estão tensos na extensão total do joelho, logo resistem a hiperextensão.

51

Ligamento Colateral Medial

Resiste:

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



© 1998 Nucleus Communications, Inc. - Atlanta
www.nucleusinc.com



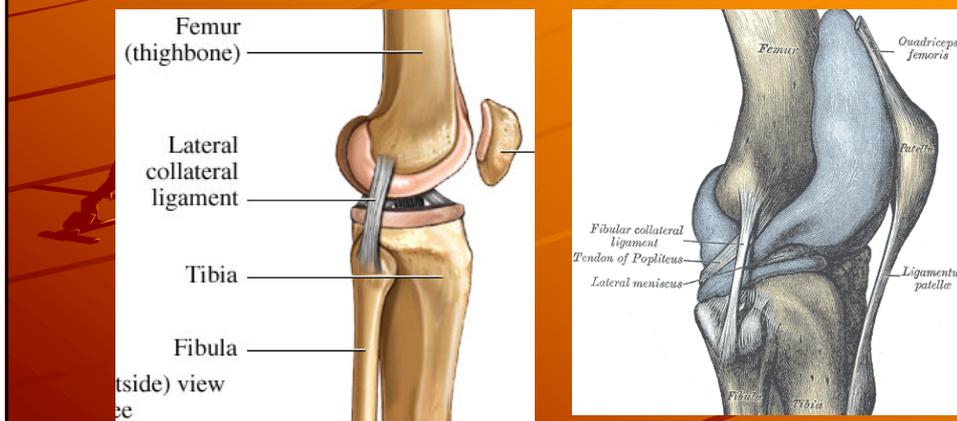
Medial (inside) view
of right knee

52

Ligamento Colateral Lateral

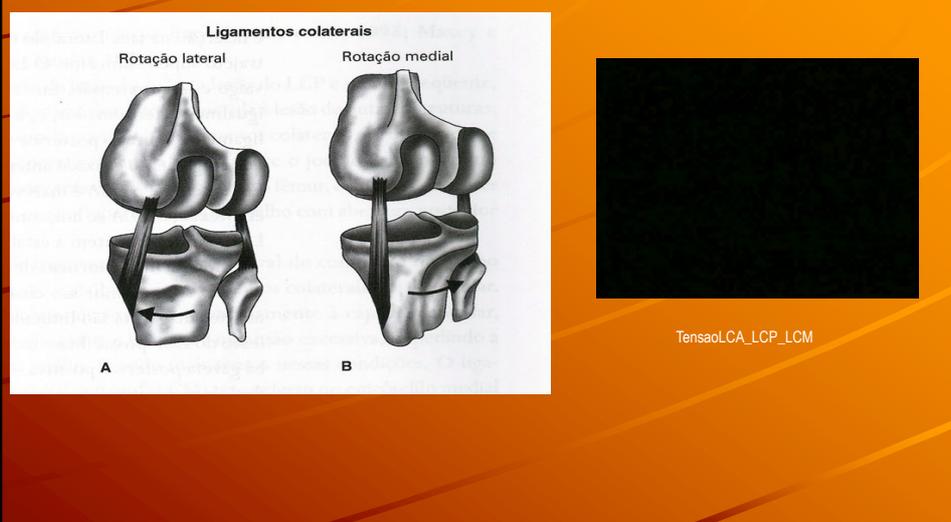
Resiste:

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



53

Ligamentos Colaterais X Rotações

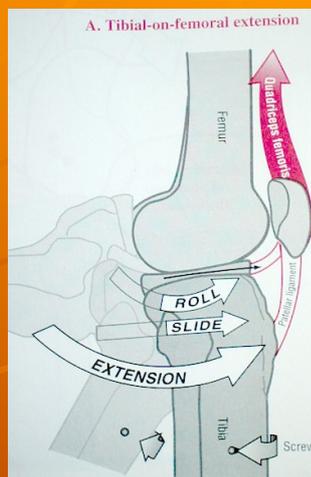


54

Mecanismo de Travamento ou Parafuso

Extensão Ativa

- ◆ A tibia rola e desliza anteriormente nos côndilos



55

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

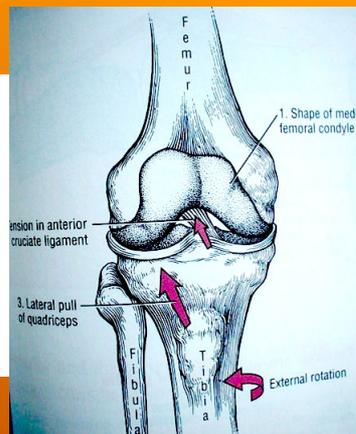


56

Mecanismo de Travamento ou Parafuso

Ocorre devido:

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

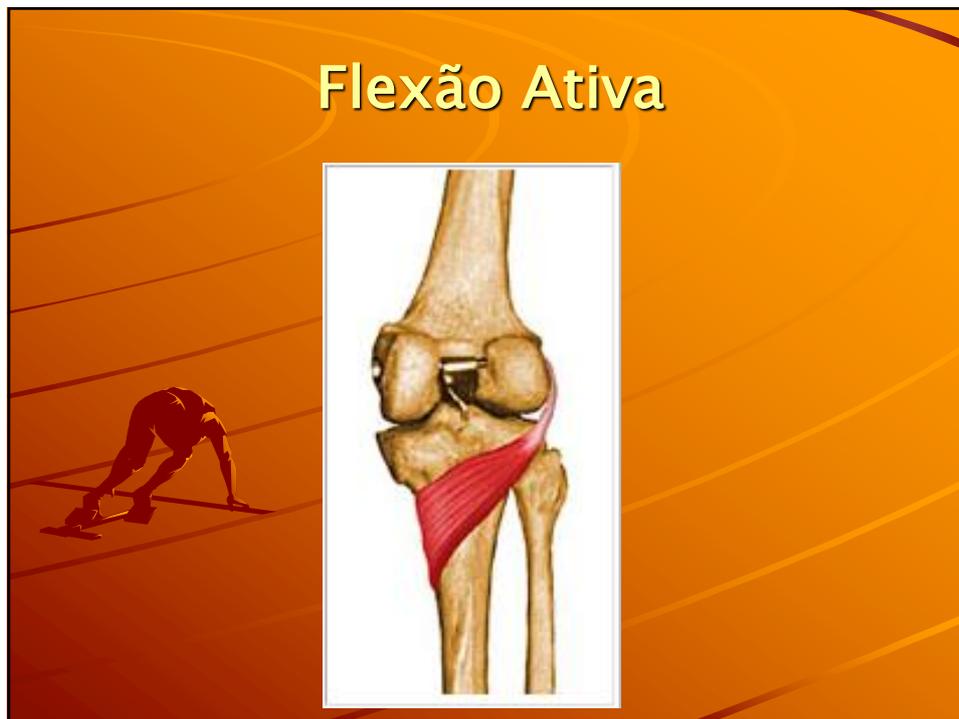


57

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...

58



59

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°.

60

Desvios de Alinhamento

Plano Frontal

- ◆ Genu Valgum (knock knee) $< 170^\circ$
- ◆ Genu Varo (bow-leg) $> 175^\circ$

Plano Sagital

- ◆ Genu Recurvatum (hiperextensão)



61



62

Genu Varo

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



63

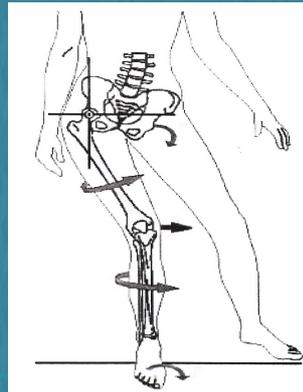
Quem tem VALGO não
cavalga



64

Genu Valgo

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



65

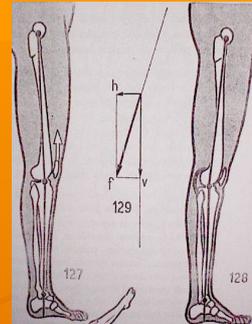
Recurvatum

Quanto > o recurvatum + distensão > recurvatum

Menos uso do quadríceps em pé

Resistem:

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



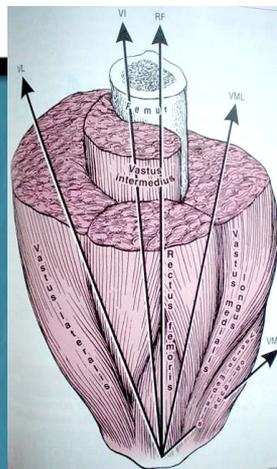
66

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

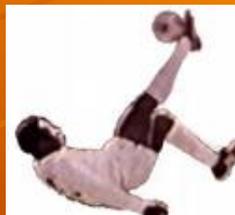


Se unem em tendão comum – tendão do quadríceps – Lig. Patelar

67

Reto Femoral

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



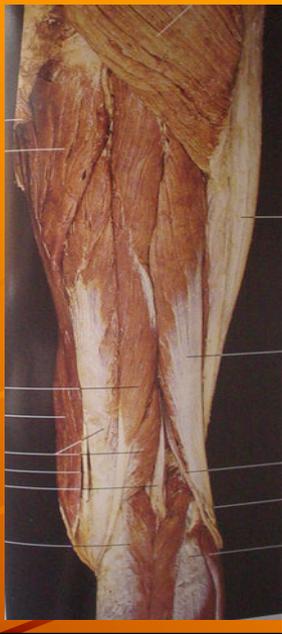
68

MÚSCULOS FLEXORES	MÚSCULOS ROTADORES
<ul style="list-style-type: none"> • Semimembranoso • Semitendinoso • Bíceps femoral • Sartório (Q e J) • Grácil (Q e J) • Poplíteo • Gastrocnêmios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Semimembranoso (RM) • Semitendinoso (RM) • Bíceps femoral (RL) • Sartório (RM) • Grácil (RM) • Poplíteo (RL do F em CCF, RM da T em CCA)

69

Isquiotibiais

- ✦ Extensores do Quadril
- ✦ Flexores do Joelho




70

Gastrocnêmios

- ◆ Extensores do tornozelo
- ◆ Flexores joelho

The image is a presentation slide with an orange background. At the top center, the title "Gastrocnêmios" is written in a bold, yellow, sans-serif font. Below the title, on the left side, there are two bullet points, each preceded by a yellow diamond symbol. The first bullet point reads "Extensores do tornozelo" and the second reads "Flexores joelho". To the right of the text is a vertical anatomical illustration of the right leg and foot, showing the gastrocnemius muscle in a bright red color. The muscle is shown originating from the distal femur and inserting into the calcaneus. In the bottom left corner of the slide, there is a dark silhouette of a person in a starting crouch on a track, with their hands on the ground and feet in starting blocks.

71