



*Casa di Cura*

*Policlinico Sassarese*

*-Unità Operativa di Ortopedia e Traumatologia-*

***Eziopatogenesi  
delle lesioni del  
legamento crociato anteriore***

**P.D. Mulas, L. Cannas, S. Piras,  
G. Tilocca, D. Zarelli, A. Ziranu, F. Ziranu**

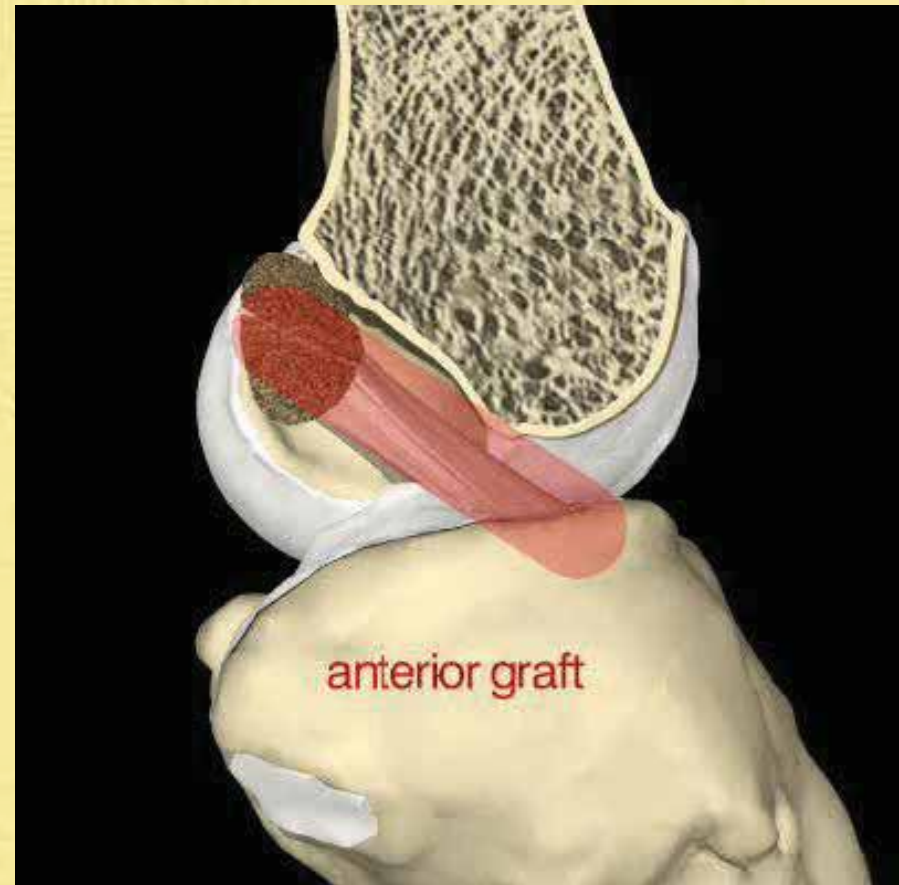
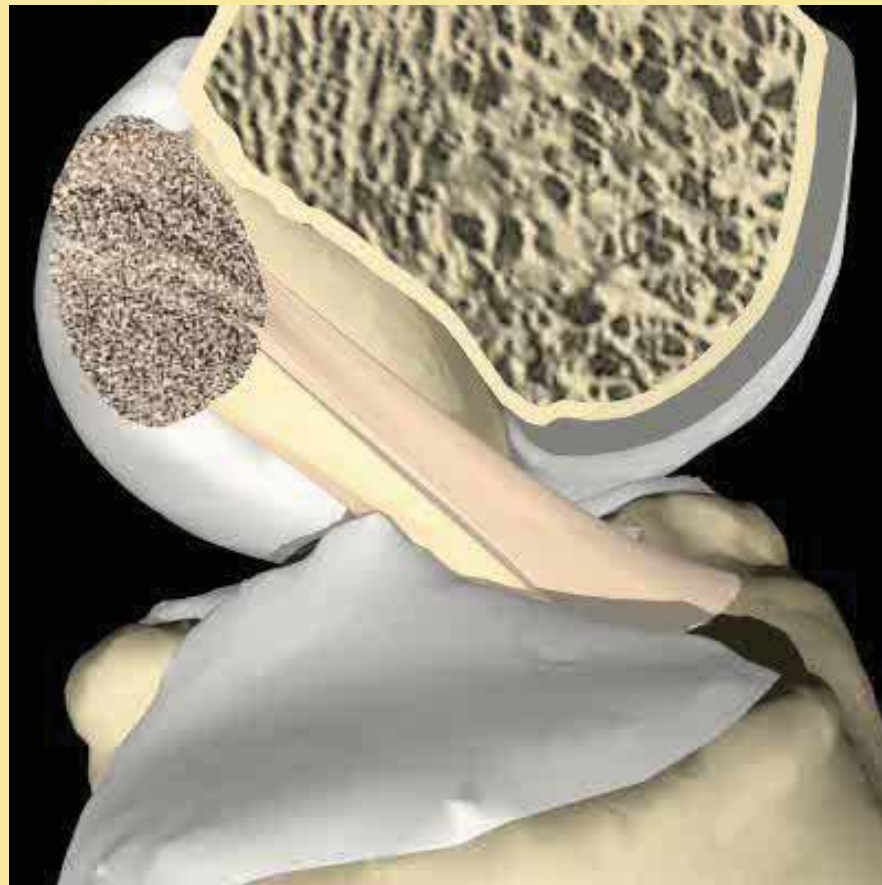
*La lesione del legamento crociato anteriore (LCA) è una delle più comuni lesioni in ambito sportivo ed ha un effetto devastante sul livello di attività atletica e sulla qualità della vita*



✓ U.S.A.: 175.000 ricostruzioni primarie LCA

✓ Costo stimato: 52 miliardi di dollari

*Gottlob CA, 1999*



# *Epidemiologia*

## ✓ *Traumi sportivi*

➤ *15% - 20% (P.S.)*

- *Ginocchio*
- *Caviglia*

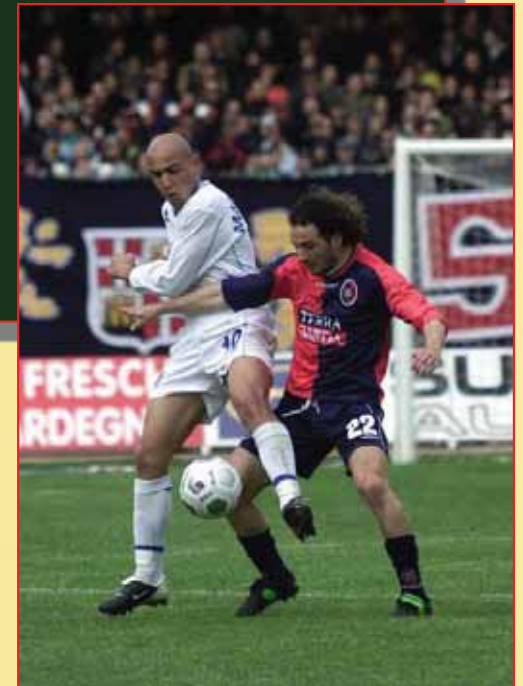
## ✓ *Popolazione sportiva*

- ✓ *Sci*
- ✓ *Football americano*
- ✓ *Rugby*
- ✓ *Calcio*
- ✓ *Pallamano*
- ✓ *Pallavolo*
- ✓ *Basket*



## ✓ *Lesione LCA*

- ✓ *Giovani*
- ✓ *Pivoting*
- ✓ *F > M 2-8 volte*



# *Epidemiologia*

## **Popolazione comune**

<b>Autore</b>	<b>Frequenza / 100.000 persone per anno</b>
<i>Miyasaka et al. (1991)</i>	40
<i>Nielsen and Yde (1991)</i>	30
<i>Granan LP (2008)</i> <i>Norvegia (2005-2007)</i>	34 (M: 57%)
<i>Lind M (2009)</i> <i>Danimarca (2005-2008)</i>	38 (M: 60%)
<i>Granan LP (2008)</i> <i>Svezia (2005-2007)</i>	32 (M: 58%)
<i>Gianotti SM (2009)</i> <i>Nuova Zelanda (2000-2005)</i>	36.9
<i>Janssen KW (2011)</i> <i>Australia (2003-2008)</i>	52

# *Epidemiologia*

## **Popolazione militare U.S.A.**

**Autore**

**Frequenza / 100.000 persone per anno**

*Owens BD (2007)*  
*(1997 – 2003)*

*M: 309*

*F: 229*



# *Epidemiologia*

<b>Sci</b>	
<b>Autore</b>	<b>Frequenza / 100.000 sciatori per giorno</b>
<i>I.S.S.S. (1986)</i>	<i>30</i>
<i>Feagin et al. (1987)</i>	<i>70</i>
<i>Johnson et al. (1991)</i>	<i>50</i>
<i>Warme et al. (1993)</i>	<i>85</i>





# *Epidemiologia*

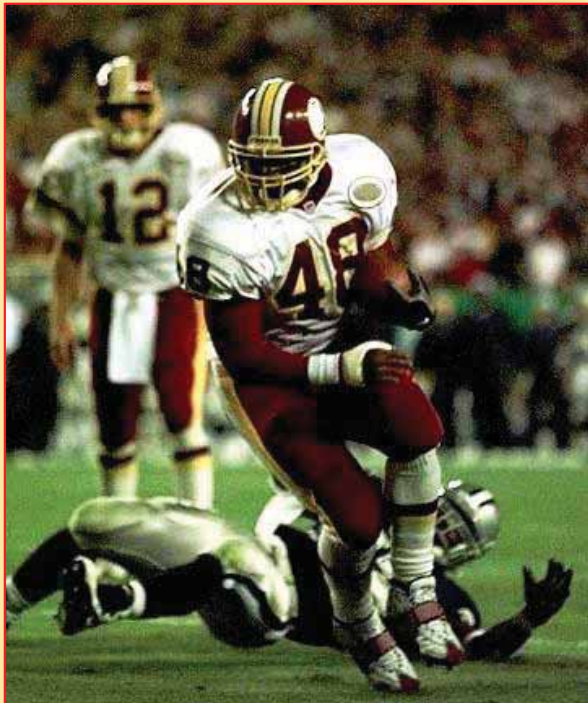
## **Football americano**

**Autore**

**Frequenza / 100.000 giocatori per giorno**

*Bradley J (2008)*

*60*



# *Epidemiologia*

## **Calcio**

**Autore**

*Arendt et al. (1995)*

**Frequenza / 100.000 atleti esposti**

*M: 13*

*F: 31*



# *Epidemiologia*

## **Pallacanestro e pallavolo**

**Autore**

**Frequenza / 100.000 atleti esposti**

*Arendt et al. (1995)*

*M: 7*

*F: 29*



# *Storia naturale*

**Lesione cronica LCA**



**Alterazione cinematica**



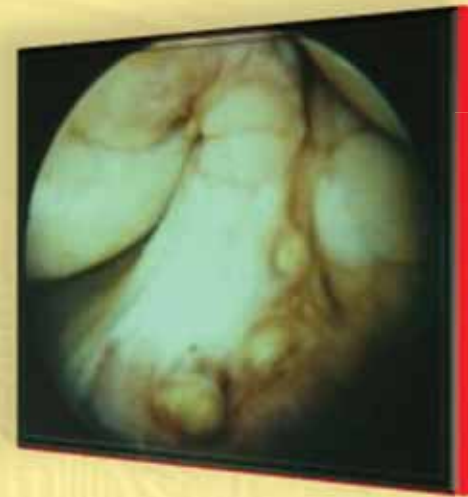
**Modificazione superfici e picchi di carico**



**Incremento forze di taglio interfaccia tibio-femorale**



**OsteoArtrosi**



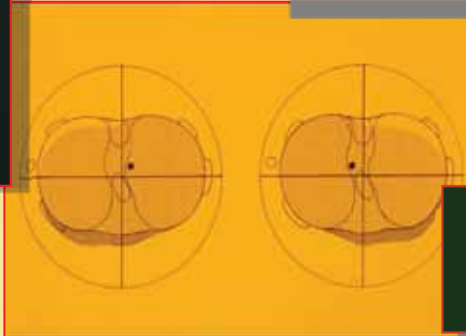
*Sakane M, 1999; Allen C, 2000*

**Assenza LCA**

# *Storia naturale*



**Alterazione cinematica**



**LCM principale stabilizzatore**

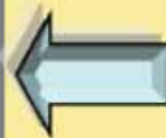
**Traslazione anteriore tibia**



**Rotazione tibia**



**Lesione  
compartimento laterale**



**Lesione menisco mediale  
Lesione condrale CFM e PTM**

# *Storia naturale*



***Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study.***

**Daniel DM, Stone ML, Dobson BE et al.**

**22(5): 632-644, 1994**

✓ **292 pazienti**



✓ **Follow-up: 5 anni**

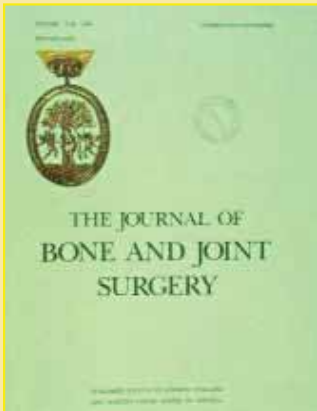
✓ **Gruppo A: lesione LCA**

❑ **20% lesioni meniscali**

✓ **Gruppo B: ricostruzione LCA**

❑ **4% lesioni meniscali**

# *Storia naturale*



**The symptomatic anterior cruciate-deficient knee.  
Part I: the long-term functional disability in  
athletically active individuals**

**Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS et al.  
65(2): 154-162, 1983**

✓ **103 pazienti con lesione cronica LCA**

✓ **Follow-up: < 5 anni**

✓ **Follow-up: > 5 anni**



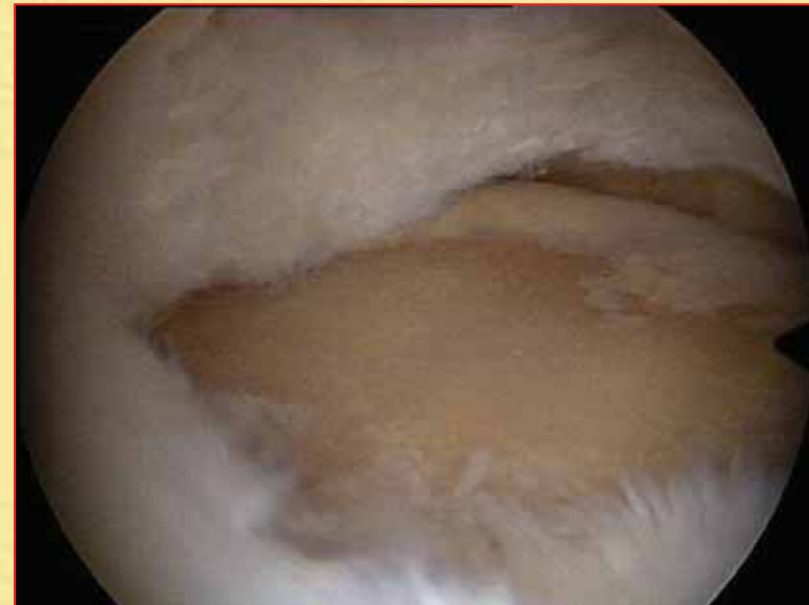
✓ **Incidenza artrosi: 7%**

✓ **Incidenza artrosi: 44%**

# *Storia naturale*

- ✓ **Lesione cronica LCA**
  - **10 anni: segni radiologici di OA**
  - **15-20 anni: segni clinici di OA**

*Myklebust G, 2005*





# *Prevenzione epidemiologica*

- **Descrizione ampia dei problemi correlati alla lesione**
  - **Epidemiologia**
  - **Anatomo-patologia (severità)**



- **Fattori di rischio**
  - **Intrinseci**
  - **Estrinseci**
- **Meccanismi traumatici**
  - **Correlazione causa-effetto**



- **Valutazione dei risultati mediante 1 fase**



- **Misure di prevenzione**



# *Eziologia*

- ✓ **Studi epidemiologici prospettici di coorte**
  - **Fattori di rischio**
  - **Meccanismi traumatici**
- ✓ **Studi su modello matematico**
- ✓ **Simulazioni computer assistite**

# *Eziologia*

- ✓ **Studi osservazionali retrospettivi**

- ✓ **Analisi video**

- ✓ **Interviste**

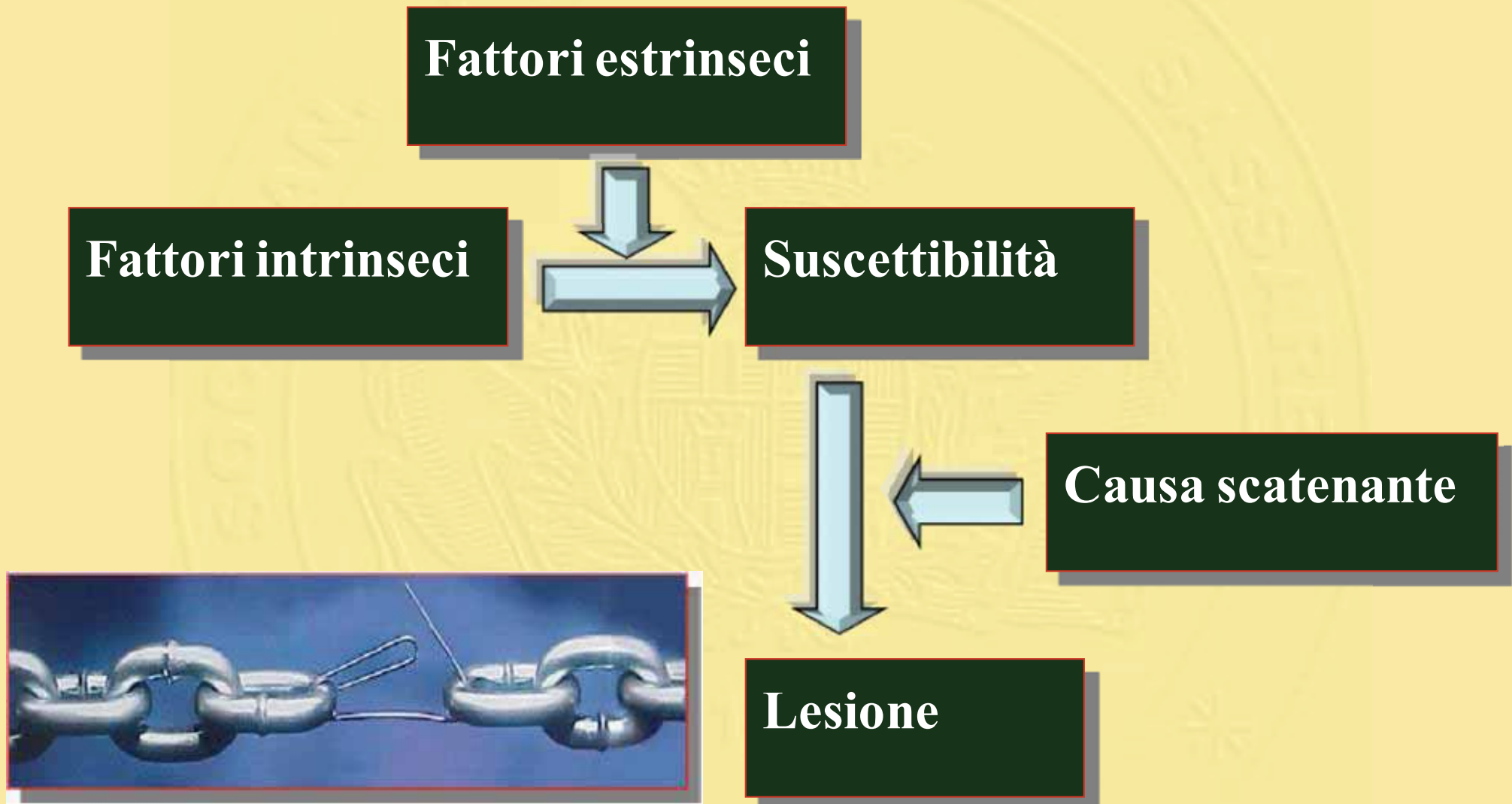


- ✓ **Studi biomeccanici**

- ✓ **“In vitro”**

- ✓ **“In vivo”**

# *Classificazione eziopatogenetica*



“... inciting event as the final link in the chain that causes an injury, and such events are regarded as necessary causes.”

*Meeuwisse WH 1994*

# *Fattori di rischio*

## ✓ **Intrinseci**

- ✓ **Età**
- ✓ **Sesso**
- ✓ **Caratteristiche strutturali (peso, massa grassa, densità minerale ossea)**
- ✓ **Caratteristiche anatomiche**
- ✓ **Proprietà materiali LCA**
- ✓ **Precedenti lesioni**
- ✓ **Condizione fisica (forza/potenza muscolare, resistenza alla fatica, articularità, equilibrio posturale)**
- ✓ **Condizione psicologica (competitività, motivazioni, percezione del rischio)**
- ✓ **Livello di attività**



# *Fattori di rischio*

## ✓ **Estrinseci**

- **Fattori sport-specifici (regole, allenatore, arbitro)**
- **Equipaggiamento (trazione)**
- **Terreno di gioco (frizione)**



# *Fattori intrinseci*



**Age, sex, body anthropometry, and ACL size predict the structural properties of the anterior cruciate ligament.**

**Hashemi J, Mansouri H, Beynnon BD, et al.**

Jan(18): 1002; 2011

✓ **Studio: modello matematico**

- ✓ **Età giovanile**
- ✓ **Sesso femminile**
- ✓ **BMI elevata**
- ✓ **Taglia LCA**



- ✓ **Proprietà strutturali LCA**
  - **Deformazione**
  - **Rigidezza lineare**
  - **Carico di rottura**



**Rischio lesione**

# *Fattori intrinseci: sesso*

- ✓ **Maggiore incidenza nel sesso femminile**
  - **Cause ormonali: fase preovulatoria**
  - **Minore larghezza gola intercondiloidea**
  - **Maggior momento in abduzione (valgo)  
nella fase di impatto e atterraggio da un salto**
  - **Minore resistenza legamentosa**
  - **Minore forza muscolare ?**

*International Olympic Committee*

*Renstrom P, 2008*



# *Fattori intrinseci: volume LCA*



**Anterior cruciate ligament-injured subjects have smaller ACL than matched controls: A magnetic resonance imaging study.**

**Chaudhari AM, Zelman EA, Flanigan DC, et al.  
37(7): 1282-1287; 2009**

- ✓ **Studio caso controllo**
  - **54 pazienti**

- ✓ **Gruppo A: 27 ginocchia controlaterali in pz con lesioni LCA (non contatto)**
- ✓ **Gruppo B: 27 ginocchia di controllo**

- ✓ **Volume totale LCA**
  - **R.M.N.**

- ✓ **Massa corporea costante (72 Kg)**
- ✓ **Gruppo A: 1921 mm<sup>3</sup>**
- ✓ **Gruppo B: 2151 mm<sup>3</sup>**

***P < .05***

# *Fattori intrinseci: lassità anteriore e allineamento arti inferiori (LEA)*



**The relationship of lower extremity alignments and anterior knee laxity to knee translations during a vertical drop landing.**

**Myers CA, Giphart JE, Torry MR, Woo SL, Steadman JR  
45(4): 350, 2011**

✓ **Studio descrittivo in vivo**

- ✓ **16 atleti**
  - **F: 10**
  - **M: 6**



❑ **Drop-landing: 40 cm**

✓ **Lassità anteriore passiva**

- **KT1000**

- ✓ **Angolo pelvico**
- ✓ **Antiversione anca**
- ✓ **Angolo Q**
- ✓ **Genu recurvatum**
- ✓ **Torsione tibiale**
- ✓ **Caduta scafoide (iperpronazione piede + valgismo retropiede)**

# *Fattori intrinseci: lassità anteriore e allineamento arti inferiori (LEA)*

## ✓ Risultati

- Fluoroscopia biplanare
- Valutazione ATT (traslazione tibiale anteriore)

## ✓ Correlazione significativa tra:

- Lassità anteriore (KT1000)
- ATT (fluoroscopia)  $p < 0.05$

## ✓ Correlazione significativa tra:

- Caduta scafoide
- ATT (fluoroscopia)  $p < 0.05$

- ✓ *La lassità anteriore passiva misurata con KT1000 e la caduta dello scafoide, negli atleti, sono fattori di rischio per le lesioni del LCA in traumi da non-contatto.*

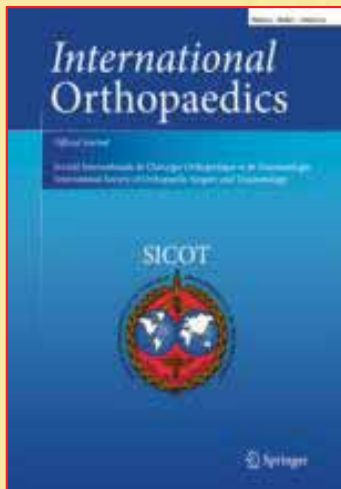
# *Fattori intrinseci: dimensioni gola IC*



***Femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries. A prospective study.***

**LaPrade RF, Burnett QM**

22: 198-202, 1994



***Risk factors for anterior cruciate ligament injury in skeletally immature patients: analysis of intercondylar notch width using Magnetic resonance Imaging.***

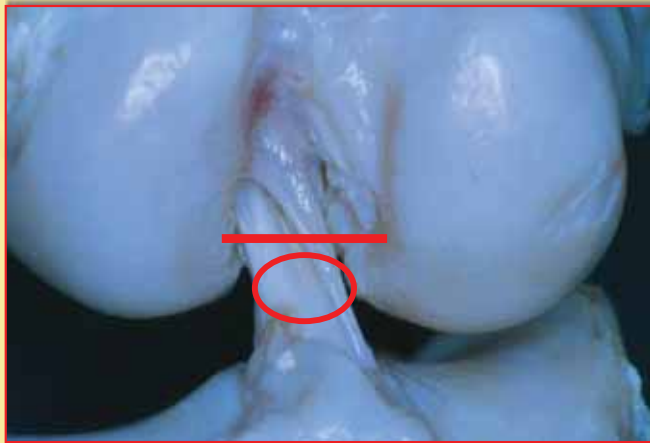
**Domzalski M, Grzelak P, Gabos P**

34(5): 703-707, 2010

# *Fattori intrinseci: dimensioni gola IC*

- ✓ **Basso Notch Width Index (NWI)**
- ✓ **Fattore di rischio per la lesione LCA**

- ✓ *Meccanismo intrinseco*  
mismatch tra larghezza gola  
e sezione trasversa legamento



- ✓ *Meccanismo estrinseco*

movimento in valgo-RE



conflitto LCA / CFL



lesione del LCA

# *Fattori intrinseci: slope tibiale posteriore*



**The relationship between posterior tibial slope and anterior cruciate ligament injuries.**

**Todd MS, Lalliss S, Garcia E, DeBerardino TM, Cameron KL**

**38(1): 63-67, 2010**

## ✓ Studio in vivo

- Gruppo A: 140 pz lesione LCA
- Gruppo B: 179 pz controllo

## Angolo slope posteriore tibiale

- Gruppo A:  $9.39 \pm 2.58$
- Gruppo B:  $8.50 \pm 2.67$

*P= .003*

## Angolo slope posteriore tibiale / sesso femminile

- Gruppo A (femmine):  $9.8 \pm 2.6$
- Gruppo B (femmine):  $8.2 \pm 2.4$

*P= .002*



# *Fattori intrinseci: familiarità*



**Clinical evidence of a familial predisposition to anterior cruciate ligament injury.**

**Goshima K, Kitaoka K, Nakase J, et al.**

**45(4): 351, 2011**

✓ **Studio retrospettivo**

✓ **Intervista**

❑ **Gruppo FH: 40 (11.3%)**

❑ **Gruppo controllo**

✓ **335 atleti: ricostruzione LCA**

➤ **Storia familiare**

➤ **Sport praticati**

➤ **Meccanismo di lesione**

▪ **Età**

▪ **Altezza**

▪ **Peso**

▪ **Tegner score**

▪ **Lassità articolare**

▪ **Slope tibiale**

# *Fattori intrinseci: familiarità*

## ✓ Risultati gruppo FH

- 38/40 (95%): trauma da non-contatto
- 34/40 (85%): stesso meccanismo traumatico

## ✓ No differenze significative FH/C:

- Età
- Altezza
- Peso
- Tegner score
- Lassità articolare

## ✓ Correlazione significativa nel FH:

- Slope tibiale



- ✓ *Alcuni fattori di rischio intrinseci potrebbero essere familiari*
- ✓ *Tests per lo screening della popolazione a rischio e prevenzione*



# *Fattori estrinseci: terreno di gioco*



**Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball.**

**Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al.**

13: 229-234, 2003



- ✓ **Maggiore incidenza lesioni LCA:**
- ✓ **Terreno elevata frizione**
- ✓ **Sesso femminile \***

- ✓ **\* Caratteristiche tecniche differenti nel cambio di direzione e nel salto con maggiore predisposizione a fattori estrinseci**

Piano  
sagittale

Piano  
frontale

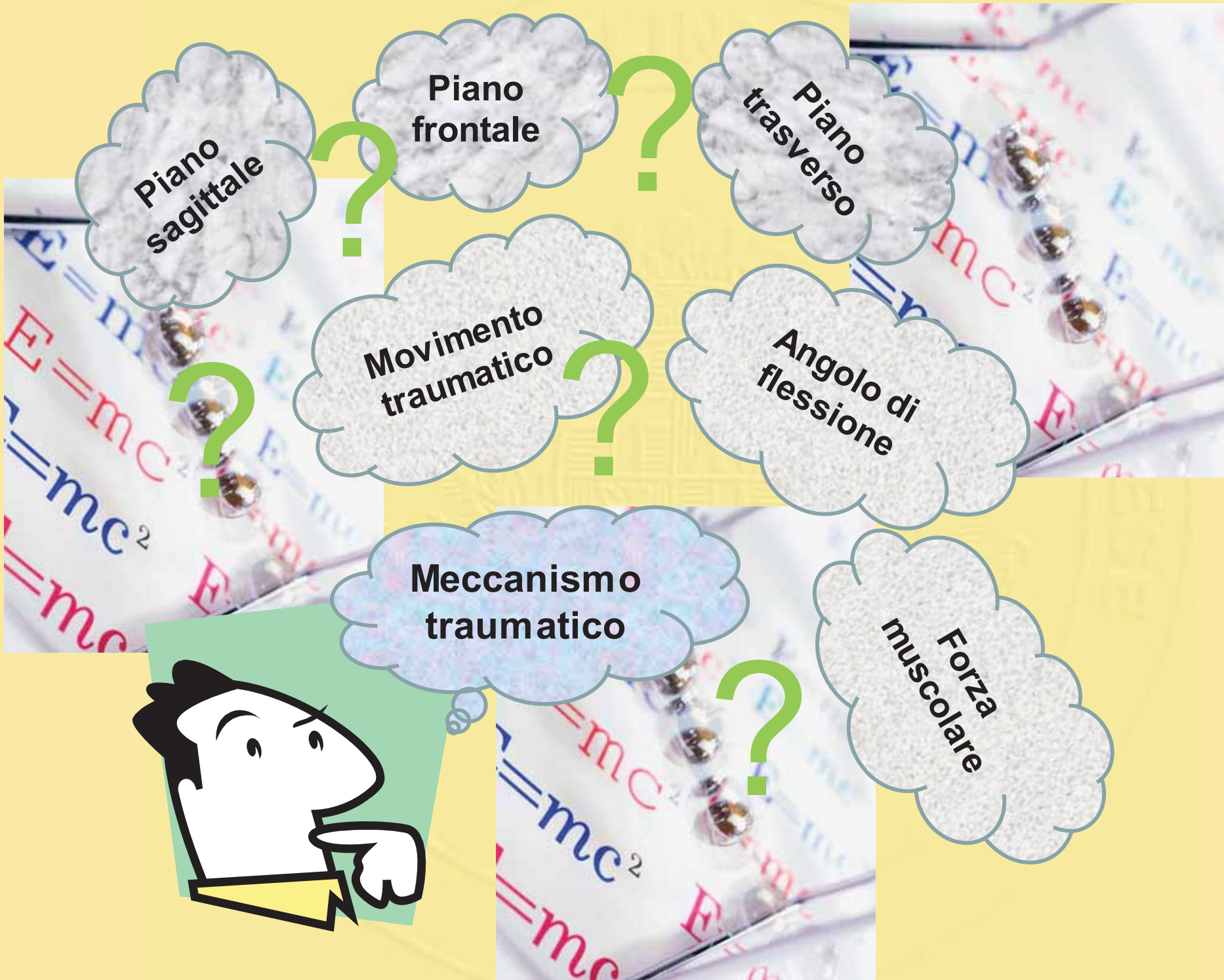
Piano  
trasverso

Movimento  
traumatico

Angolo di  
flessione

Meccanismo  
traumatico

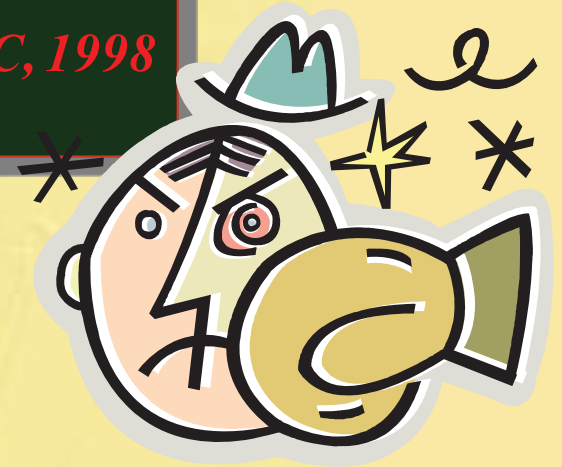
Forza  
muscolare



# *Eziologia: meccanismo traumatico*

✓ *Fondamentale processo fisico responsabile di una determinata azione e di una reazione*

*Whiting WC, 1998*



✓ *Equivalente del fallimento di una macchina o di una struttura*

*Fung Y, 1993*

# *Eziologia: meccanismo traumatico*

**Trauma**



**Eccesso non controllato energia cinetica**



**Eccessiva forza tensile**



**Deformazione**

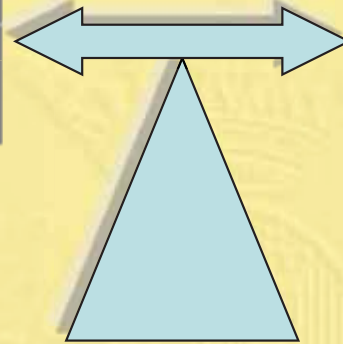


**Rottura**



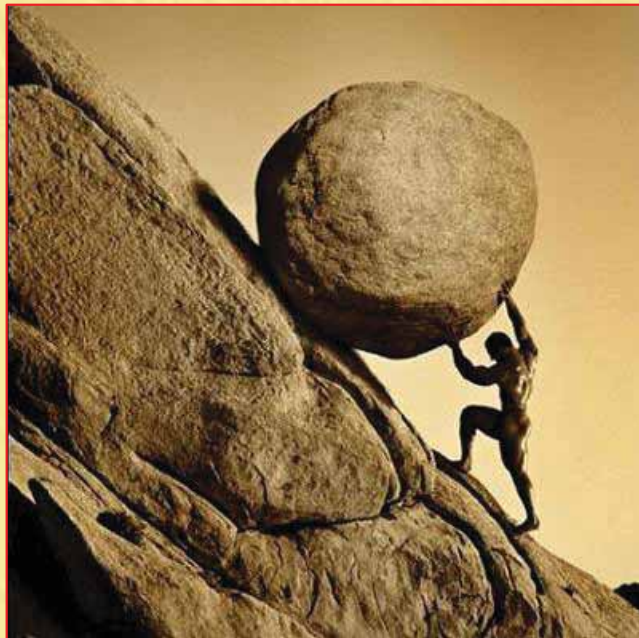
# *Eziologia: meccanismo traumatico*

**Carico**



**Tolleranza al carico**

**Punto del non ritorno**



# *Eziologia: meccanismo traumatico*

- ✓ **Trauma da contatto**
- ✓ **Trauma da non-contatto**
  - ✓ Arresto improvviso
  - ✓ Cambi di direzione
  - ✓ Salto
  - ✓ Atterraggio
  - ✓ Manovra di fulcro con piede fisso al suolo



- ✓ **La maggior parte delle lesioni da non-contatto del LCA si verificano in condizioni di carico (piede a contatto con il terreno).**

*Fauno P and Wulff-Jacobsen B, 2006*

# *Eziologia: meccanismo traumatico*

<i>Autori</i>	<i>Arresto senza cambio di direzione</i>	<i>Arresto con cambio di direzione</i>	<i>Salto</i>	<i>Atterraggio da un salto su un piede</i>	<i>Fulcro con piede fisso</i>	<i>Altro sconosciuto</i>
<b>Ferretti et al. (1992)**</b>			<b>46</b>	<b>38</b>		
<b>Boden et al. (2000)**</b>	<b>4</b>	<b>44</b>		<b>32</b>		<b>1</b>
<b>Olsen et al. (2003)**</b>				<b>16</b>	<b>19</b>	
<b>Olsen et al. (2004)*</b>	<b>2</b>			<b>4</b>	<b>12</b>	<b>1</b>
<b>Faunø et al. (2006)**</b>		<b>66</b>		<b>26</b>		<b>13</b>
<b>Cochrane et al. (2007)*</b>		<b>1</b>		<b>9</b>		<b>7</b>
<b>Kimura et al. (2010) *</b>		<b>8</b>		<b>10</b>		
<b>Totale</b>	<b>6</b>	<b>119</b>	<b>46</b>	<b>135</b>	<b>31</b>	<b>22</b>

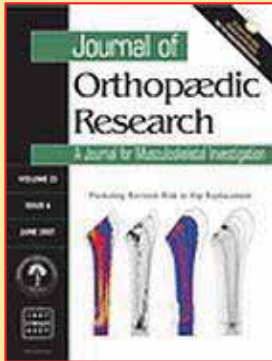
- \* *Studi osservazionali mediante analisi video.*
- \*\* *Studi retrospettivi mediante intervista.*

# *Eziologia: meccanismo traumatico*

- ✓ **Movimento del ginocchio (isolato o combinato)**
  - **Traslazione anteriore della tibia sul piano sagittale**
  - **Rotazione interna (R.I.) o esterna (R.E.) della tibia rispetto al femore sul piano trasverso**
  - **Adduzione (varo) o abduzione (valgo) della tibia rispetto al femore sul piano frontale**
- ✓ **Angolo di flessione del ginocchio**
- ✓ **Forza muscolare**
  - **Quadricipite femorale**
  - **Ischiocrurali (hamstrings muscles)**
  - **Gastrocnemio**



# *Movimenti del ginocchio*



**Strain in the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament under combined loading.**

**Berns GS, Hull ML, Paterson HA**

10: 167-176, 1991

✓ **Studio in vitro**

✓ **13 ginocchia**

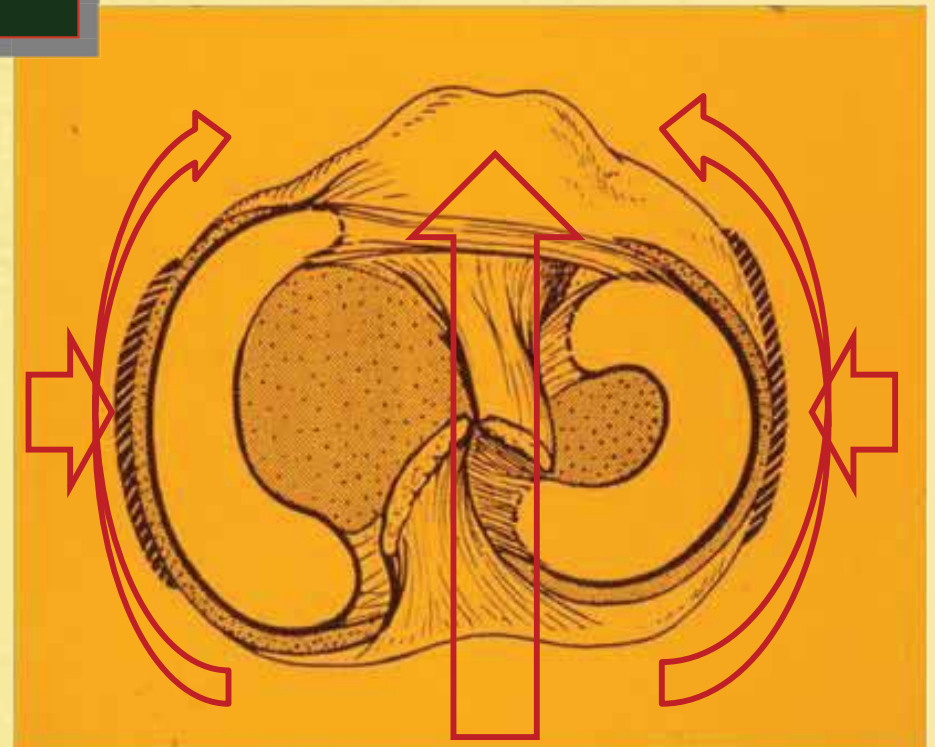
✓ **ROM: 90 / -5**

✓ **Forza isolata e combinata**

✓ **Anteriore**

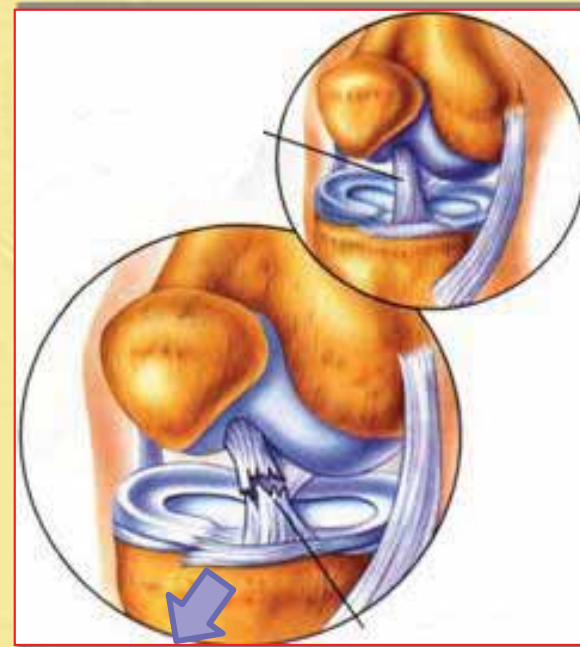
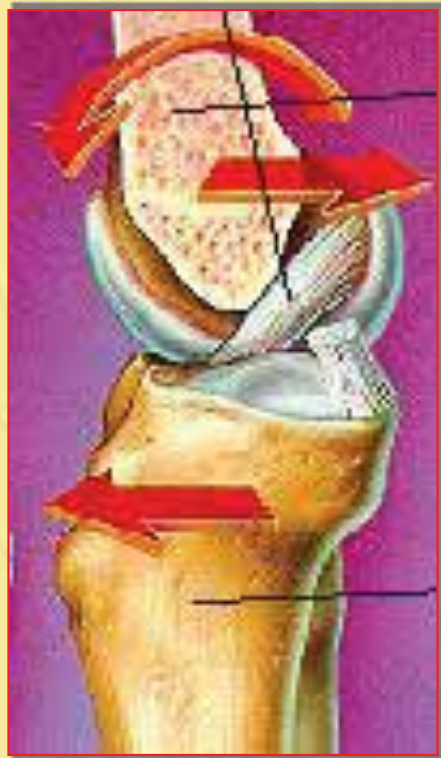
✓ **Rotazione interna-esterna**

✓ **Varo-valgo**



# *Movimenti del ginocchio*

- ✓ Le forze di carico anteriore isolate (traslazione anteriore della tibia) rappresentano il fattore primario per la rottura del fascio AM del LCA a livello della inserzione tibiale



# *Movimenti del ginocchio*



**Effects of applied quadriceps and hamstrings muscle loads on forces in the anterior and posterior cruciate ligaments.**

**Markolf KL, O'Neil G, Jackson SR, McAllister DR**

**32(5): 1144-1149, 2004**

✓ **Studio in vitro**

✓ **30 ginocchia**

✓ **ROM: 0 / 120**

✓ **Forza isolata**

✓ **Anteriore (100N Q femorale)**

✓ **Posteriore (50N bicipite, 50N semitendinoso e semimembranoso)**

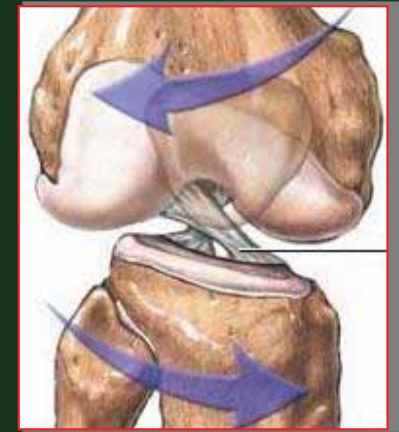
✓ **Rotazione interna-esterna**

✓ **Varo-valgo**

✓ **Forza combinata**

# *Movimenti del ginocchio*

- ✓ **La combinazione di una forza anteriore quadricipitale con un momento in rotazione interna determina valori di deformazione del LCA maggiori rispetto alla sola forza anteriore con significativo aumento delle rotture del fascio AM del LCA**
- ✓ **Le forze di carico anteriore combinate con un momento in rotazione esterna non provocano significative variazioni**
- ✓ **Tali valori sono stati osservati ad angoli di flessione 0 - 15**

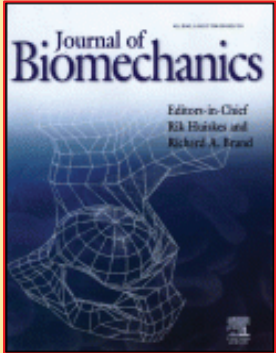


# *Movimenti del ginocchio*

- ✓ **La combinazione di una forza anteriore quadricipitale con un momento in varo-valgo determina valori di deformazione del LCA maggiori rispetto alla sola forza anteriore con significativo aumento delle rotture del fascio AM del LCA**



# *Movimenti del ginocchio*



**The effect of weightbearing and external loading on anterior cruciate ligament strain.**

**Fleming BC, Renstrom PA, Beynnon BD et al.**

**34: 163-170, 2001**

✓ **Studio in vivo**

✓ **11 pazienti**

✓ **Trasduttore a reclutamento variabile sul fascio AM del LCA**

✓ **Prova sotto carico**

✓ **ROM: 20 flessione**

✓ **Forza applicata**

➤ **Anteriore**

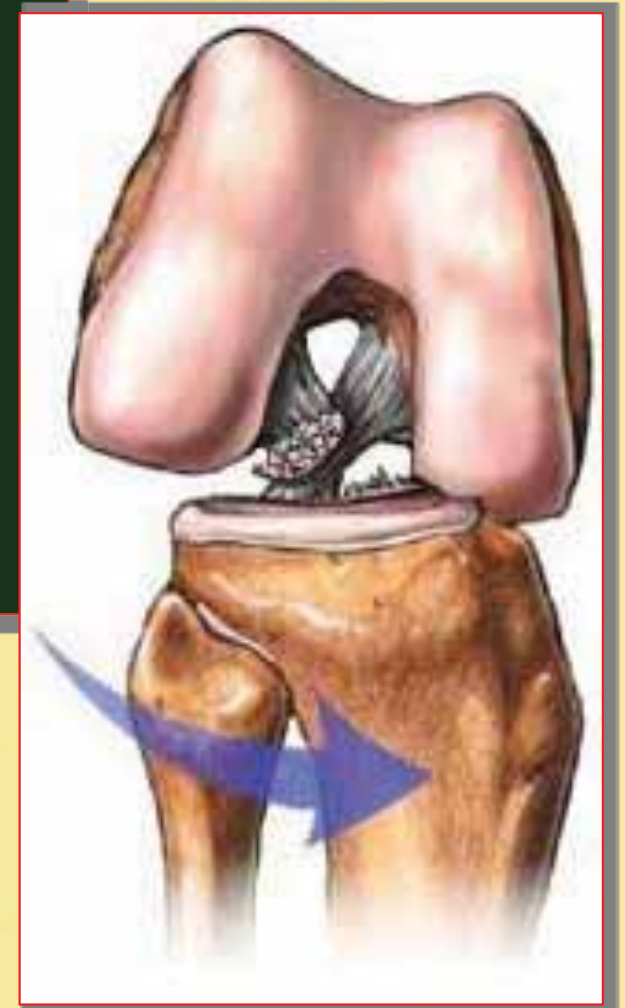
➤ **Varo-valgo**

➤ **Rotazione interna-esterna**

# *Movimenti del ginocchio*

- ✓ I valori di deformazione registrati sul LCA sotto carico aumentano significativamente con l'applicazione di:
  - ✓ Forza di traslazione anteriore (Q femorale)
  - ✓ Momento di intra-rotazione

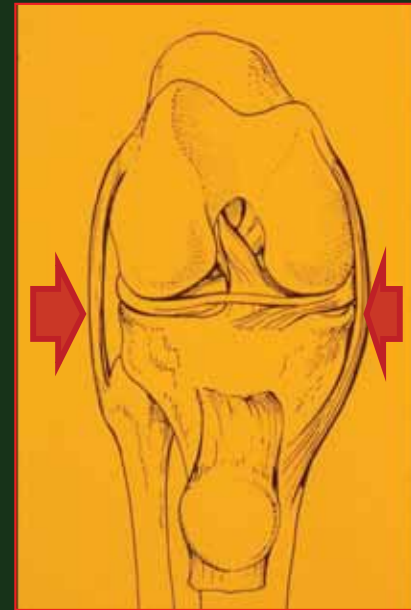
*Fleming BC, 2001*



# *Movimenti del ginocchio*

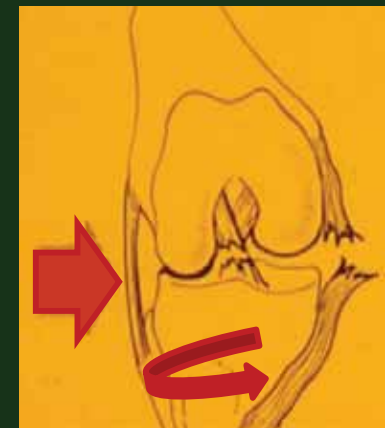
- ✓ **L'applicazione di un momento di forza isolato in varo-valgo non modifica i valori di deformazione del LCA rispetto a quelli ottenuti con il solo carico.**

*Fleming BC, 2001*



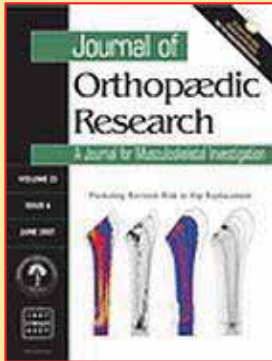
- ✓ **Nuovo robot 6 gradi di libertà:  
il movimento puro in valgo sul piano frontale determina una torsione in rotazione interna della tibia con incremento della deformazione del LCA.**

*Ren Y, 2010*





# *Movimenti del ginocchio*

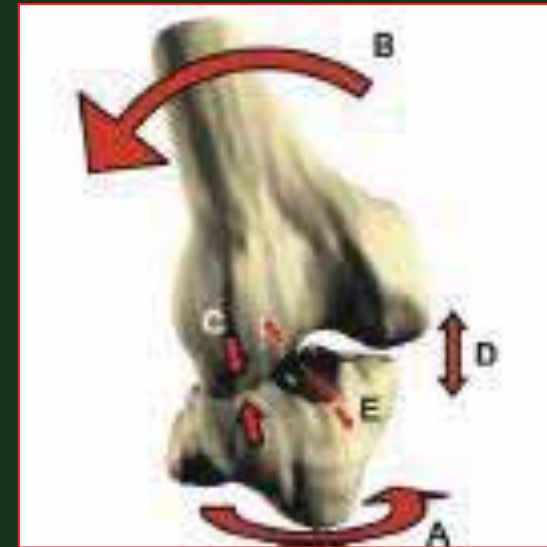


**Distribution on in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads.**

**Gabriel MT, Wong EK, Woo SL et al.**

22(1): 85-89, 2004

- ✓ Il movimento combinato in valgo-rotazione interna, a ginocchio esteso o semiesteso e in condizioni di carico, determina un elevato rischio di rottura del LCA
- ✓ Minor rischio in valgo-rotazione esterna

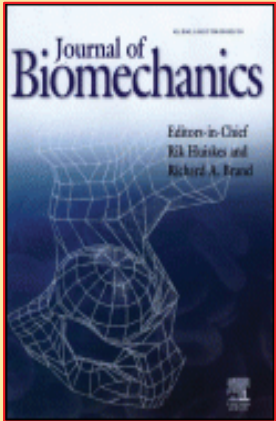


# Movimenti del ginocchio

Autori	<i>R.I.</i>	<i>R.I.</i> + <i>valgo</i>	<i>R.I.</i> + <i>Iperest.</i>	<i>R.E.</i>	<i>R.E.</i> + <i>valgo</i>	<i>R.E.</i> + <i>Iperest.</i>	<i>Iper estens.</i>	<i>Valgo</i>	<i>Varo</i>
McNair et al. (1990)**	10			4		1	3		
Ferretti et al. (1992)**		21			22				
Boden et al. (2000)**							2	2	
Olsen et al. (2004)*		7			5				
Cochrane et al. (2007)*	8		1	2				9	2
<b>Totale</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	1	6	<b>27</b>	1	5	11	2

- \* *Studi osservazionali mediante analisi video.*
- \*\* *Studi retrospettivi mediante intervista.*

# *Movimenti del ginocchio*



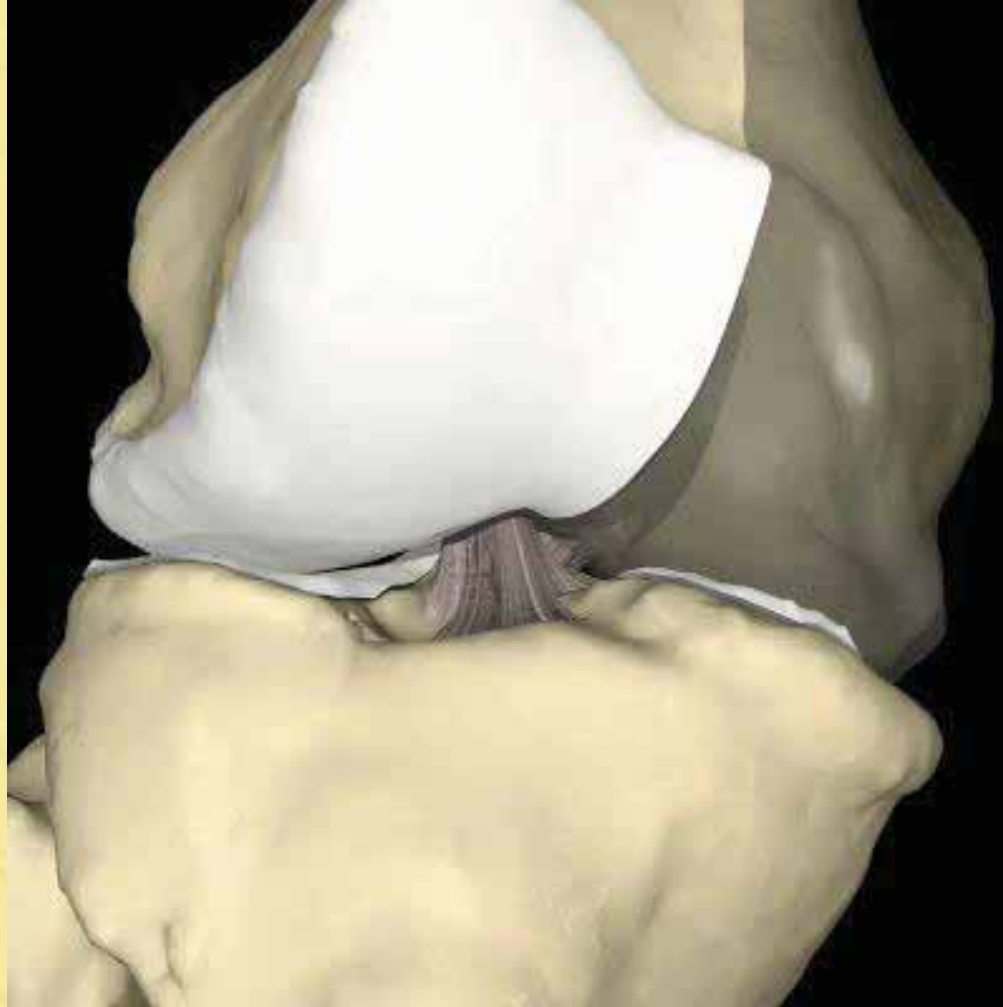
**A knee-specific finite element analysis of the human anterior cruciate ligament impingement against the femoral intercondylar notch.**

**Park HS, Ahn C, Fung DT, Ren Y, Zhang LQ**

**43(10): 2039-2042, 2010**

- ✓ Il movimento in valgo (8°) e rotazione esterna (12°) determina una deformazione dei tre fasci del LCA (AM, PL e IM)
- ✓ Il movimento in valgo (10°) e rotazione esterna (29°), a ginocchio flesso (45°), determina un impingement tra il LCA e la parete laterale della gola intercondiloidea
- ✓ Elevato rischio di rottura del LCA

# *Movimenti del ginocchio*



# *Conclusioni*

*“At this point, it is not possible to definitively conclude which motions are more problematic for ACL injuries”.*

*Shimokochi Y, 2008*

# *Conclusioni*

- *Una forza di carico sul piano sagittale è ad elevato rischio di rottura isolata del LCA*
- *Un trauma sul piano frontale non è sufficiente per una lesione isolata del LCA*
- *Un trauma sul piano trasverso, in IR produce un incremento di carico sul LCA maggiore rispetto alla ER*

# *Conclusioni*

- *L'eccessivo movimento combinato in valgo-rotazione interna nell'arresto improvviso sembra essere il principale responsabile delle lesioni del LCA*
- *Il movimento combinato in valgo-rotazione esterna determina frequentemente la lesione del LCA con un meccanismo di impingement nella gola intercondiloidea*

# *Angolo di flessione*

- ✓ Più frequentemente le lesioni da non-contatto del LCA si verificano con ridotto angolo di flessione del ginocchio o in iperestensione

*Faunø P and Wulff-Jacobsen B, 2006*





# *Angolo di flessione*

↓ *Angolo flessione*



*verticalizzazione linea d'azione LCA*

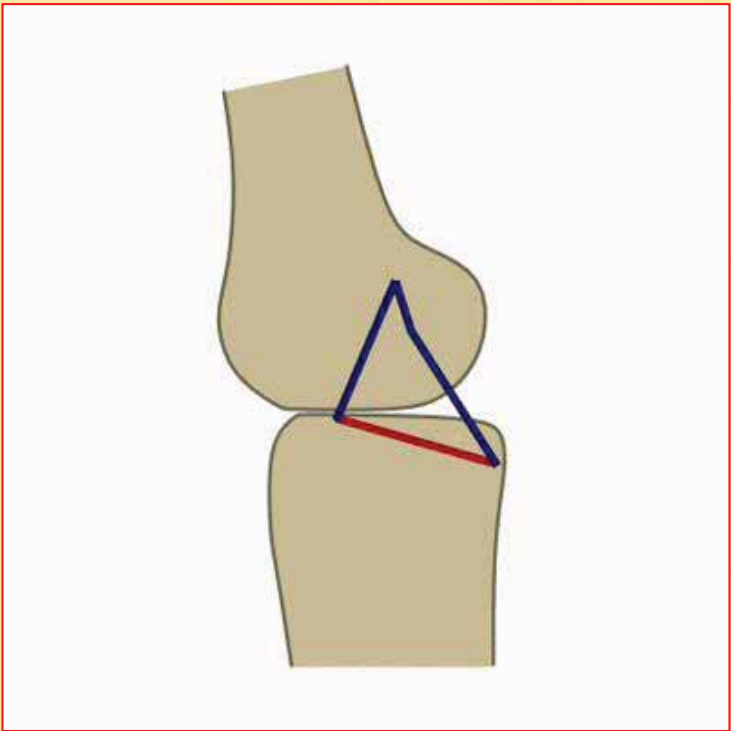


↑ *Angolo di elevazione LCA*



↑ *Carico LCA*

*Herzog W 1993*



# *Angolo di flessione*

 *Angolo flessione sotto carico*

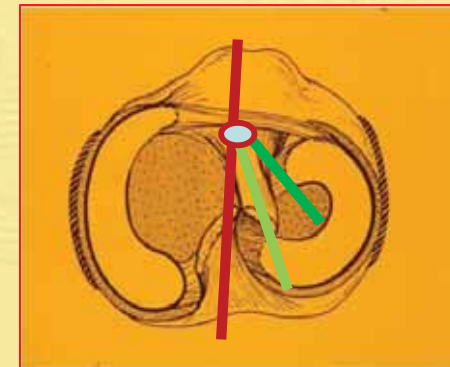


 *Angolo di elevazione LCA*

 *Angolo di deviazione LCA*



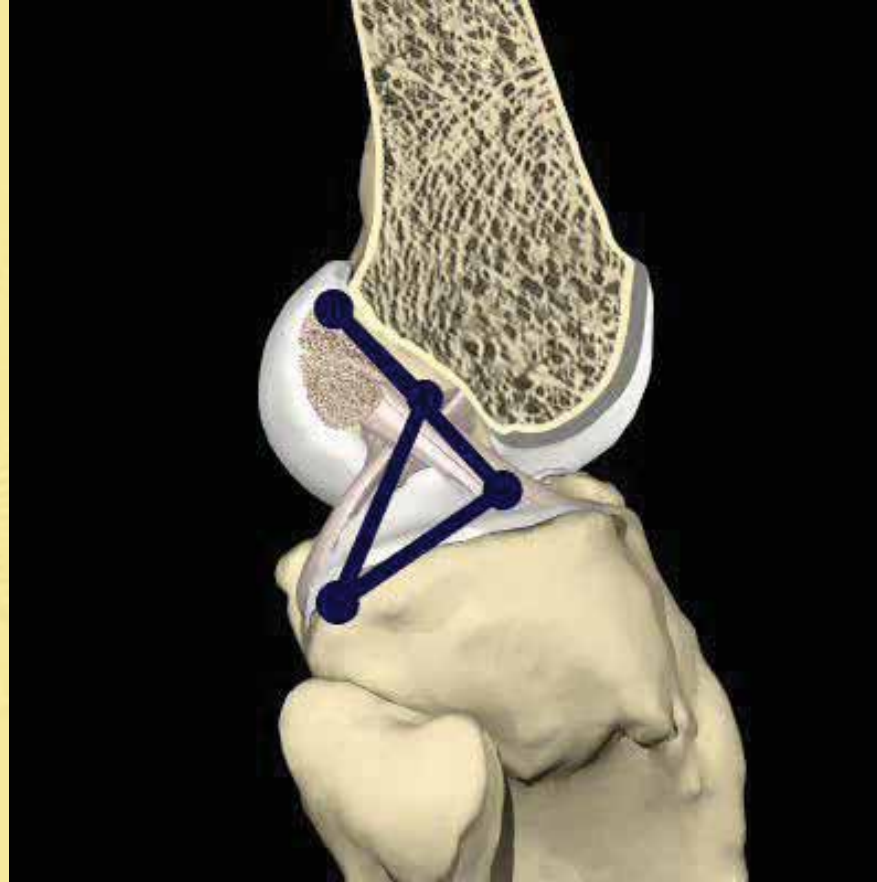
 *Carico LCA*



*La forza risultante lungo l'asse longitudinale del LCA è uguale alla forza di traslazione anteriore diviso il coseno degli angoli di elevazione e di deviazione del LCA.*

*Li G 2005*

# *Angolo di flessione*



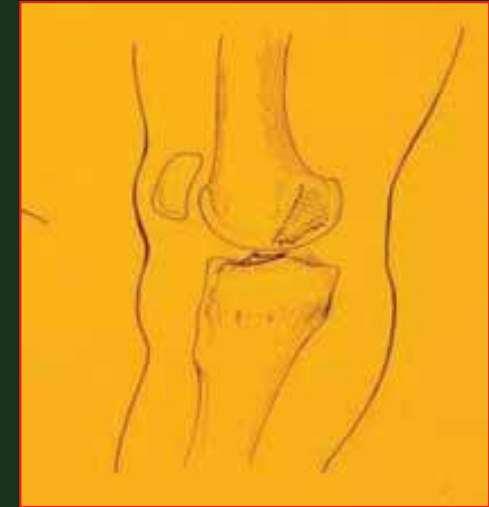
# Angolo di flessione

Autori	<0	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
Arms et al. (1984)**		+	++	++	+	-	-	-	-	-	-	-	
Beynnon et al. (1995)*			++		+			-			-		
Beynnon et al. (1997)*			++	+	+								
DeMorat et al. (2004)*				R									
Draganich et al. (1990)*		+	++	+	+	+	-	-	-	-	-		
Durselen et al. (1995)		+	+	++	+	+	+	+	-	-	-	-	
Fleming et al. (2003)			++	Ndr							-		
Li et al. (1999)		+	++		+				+		+		+
Li et al. (2004)		+			++			+			+		+
Markolf (1990)	++	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	
Markolf (2004)	++	+	+	+	+	+							

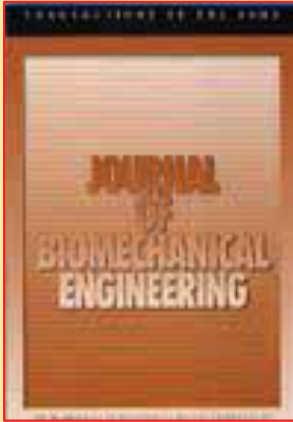
- + Valori medi di carico  $LCA > 0$ ; ++ Picco di carico  $LCA$ ; - Valori medi di carico  $LCA \leq 0$

# *Iperestensione*

- ✓ **Frequente**
- ✓ **Più ovvio meccanismo di lesione**
  - ✓ **Calcio a vuoto**
  - ✓ **Meccanismo a “cavalletto”**
- ✓ **Picco di carico LCA**
- ✓ **Movimento combinato di iperestensione e rotazione (interna o esterna) determina un incremento dei carichi doppio rispetto ai singoli movimenti**



# *Iperestensione*



**Pure passive hyperextension of the human cadaver knee generates simultaneous bicruciate ligament rupture.**

**Meyer EG, Baumer TG, Haut RC**

**1: 133-141, 2011**

✓ **Studio in vitro**

✓ **6 ginocchia**

✓ **Sublussazione anteriore tibia**

✓ **Forze compressive tibio-femorali (TF)**

✓ **100%: rottura combinata LCA e LCP**

✓ **Angolo di rottura:  $-33.6 \pm 11$**

✓ **Carico di rottura:  $108 \text{ Nm} \pm 46 \text{ Nm}$**

# *Quadricipite femorale*

*“The literature shows that quadriceps muscles are the major contributor to the anterior shear force at the proximal end of the tibia through the patellar tendon”.*

*Arms SW 1984, Draganich LF 1990, Shoemaker SC 1993  
Durselen L 1995, Beynnon BD 1995, Pandy MG 1997,  
Isaac DL 2005*



# *Quadriceps femorale*

*“With a given quadriceps muscle force, the anterior shear force at the proximal end of the tibia is determined by the angle between the patella tendon and the longitudinal axis of the tibia”.*

*Nunley RM 2003*

*In media, nel sesso femminile, l’angolo TR-Tibia a parità di angolo di flessione del ginocchio è 4° maggiore.*



# *Quadricipite femorale*



# *Quadricipite femorale*

*Estensione o moderata flessione*



*Forze di taglio anteriori elevate*

*Flessione*



*Forze di taglio posteriori*

*Contrazione quadricipite femorale eccessiva in estensione*



*forza tensile LCA*



*deformazione*



*Rottura*

# *Quadricipite femorale*



**Aggressive quadriceps loading can induce non-contact anterior cruciate ligament injury.**

**De Morat G, Weinhold P, Blackburn T et al.**

32: 477-483, 2004

## ✓ Studio “in vitro”

- 11 ginocchia
- Simulatore di ginocchio

✓ ROM: 20 flessione

## ✓ Valutazione dei risultati

- KT 1000 test
- Quadro anatomo-patologico

## ✓ Forza applicata

- Q caricato a 4500 N

# *Quadricipite femorale*

## *✓ Risultati*

- ✓ Tutti i campioni hanno mostrato un incremento della traslazione tibiale anteriore al KT 1000*
- ✓ 6 / 11 campioni hanno mostrato una lesione del LCA*
  - ✓ 3 lesioni totali*
  - ✓ 3 lesioni parziali*

## *✓ Risultati*

- ✓ In realtà la contrazione quadricipitale produce non soltanto la traslazione anteriore della tibia ma anche un momento in rotazione interna e in valgo*

# *Ischiocrurali (Hamstrings muscles)*



*Contrazione H*



*Azione protettiva per LCA*



*Estensione o moderata flessione*



*Modesta*



*Flessione*



*Vettore di forza posteriore sulla tibia*

# *Ischiocrurali (Hamstrings muscles)*

<b>Autori</b>	<b>Carico applicato</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>
<b>Renstrom et al. (1986)</b>	<b>200N (H) 200N (Q)</b>				<b>c</b>	<b>c</b>		<b>c</b>	<b>c</b>		<b>c</b>	<b>e</b>		<b>e</b>
<b>Markolf (1990)</b>	<b>100N (H) 100N (Q)</b>	<b>d</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>
<b>Li et al. (1999)</b>	<b>80N (H) 200N (Q)</b>		<b>d</b>		<b>d</b>			<b>d</b>			<b>c</b>			<b>c</b>
<b>Li et al. (2004)</b>	<b>200N (H) 400N (Q)</b>	<b>d</b>			<b>d</b>			<b>d</b>			<b>c</b>			<b>c</b>

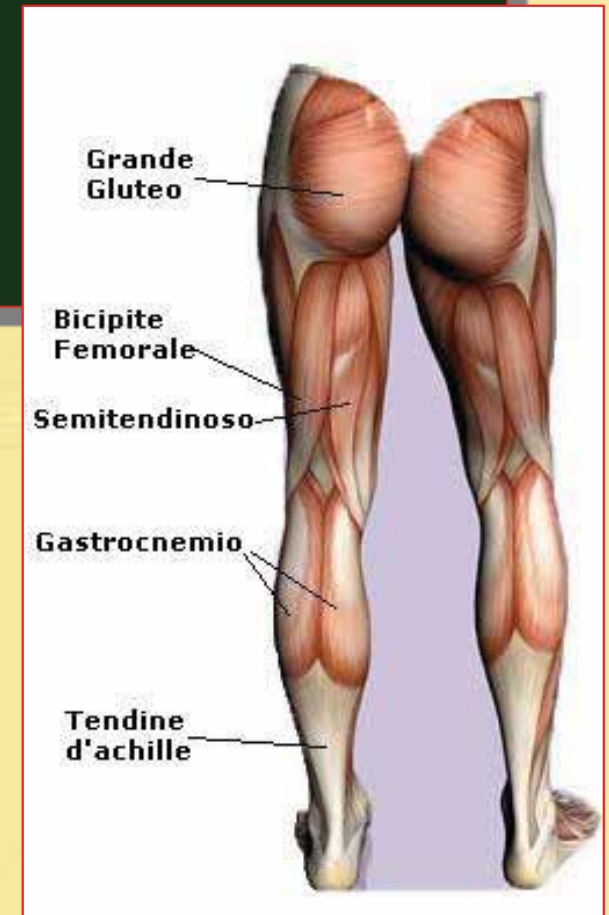
- *c: carico LCA inferiore rispetto al solo carico quadricipitale*
- *d: nessuna differenza rispetto al solo carico quadricipitale*
- *e: carico LCA inferiore rispetto al solo movimento passivo*

# *Ischiocrurali (Hamstrings muscles)*

- ✓ *La forza tensile registrata sul LCA dopo contrazione del Q femorale decresce con cocontrazione dei muscoli ischiocrurali.*
- ✓ *Tale considerazione rafforza il concetto che l'eccessiva contrazione quadricipitale in estensione o a piccoli angoli di flessione del ginocchio, non controbilanciata dall'azione dei flessori, determina una maggiore vulnerabilità del LCA.*

# *Gastrocnemio*

- ✓ **Ipotesi: la contrazione dovrebbe provocare una traslazione anteriore della tibia con un incremento delle forze di carico sul LCA**
- ✓ **Risultati sperimentali contrastanti**





# Gastrocnemio

Autori	Carico applicato	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Durselen * et al. (1995)	> 550 N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fleming ** et al. (2001)	< 15 Nm (momento flex-plantare)	+	++		+	-							

- \* *Studio sperimentale eseguito mediante 2 viti epicondilarie e fili di trazione.*
- \*\* *Studio sperimentale eseguito mediante stimolazione elettrica del tricipite.*

- + *carico LCA maggiore rispetto al solo movimento passivo*
- ++ *picco di carico LCA*
- - *nessun carico LCA*

*Necessarie ulteriori verifiche*

# Conclusioni

## ✓ *Azione protettiva LCA*

➤ *Incremento angolo di flessione nelle azioni di accelerazione e decelerazione*

➤ *Modulazione attivazione muscolare*

- *Riduzione eccessiva contrazione quadricipitale*
- *Incremento cocontrazione dei flessori*



# *Conclusioni*

- ✓ *Una descrizione biomeccanica dettagliata del meccanismo traumatico è la chiave di comprensione per le lesioni del LCA*
- ✓ *Tali informazioni devono essere vagliate mediante un sistema matematico sperimentale*
- ✓ *Il modello ottenuto deve considerare i fattori di rischio intrinseci ed estrinseci che possono modificare il rischio di lesione del LCA*

*Grazie*





**Meccanismo traumatico**

# *Meccanismo traumatico*



**Mechanism for non contact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball.**  
**Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Engebretsen L, et al.**  
**38(11): 2218-2225, 2010**

- ✓ Studio descrittivo mediante analisi video
- ✓ Immagini 3-D ottenute mediante tecnica di manipolazione dell'immagine

- ✓ 10 atlete
- ✓ Pallamano, pallacanestro

- ✓ Posizione ginocchio
  - T0: tempo 0
  - T1: dopo 40 millisecondi

# *Meccanismo traumatico*

## ✓ Piano sagittale: flessione

✓ T0: 23 (11 - 30 )

✓ T1: 24 (19 - 29 )

## ✓ Piano frontale: valgo

✓ T0: neutro (-2 - 3 )

✓ T1: 12 (10 - 13 )

## ✓ Piano trasverso: rotazione

✓ T0: RE 5 (-5 - 12 )

✓ T1: RI 8 (2 - 14 )

✓ T2: RE 17 (13 - 22 )

✓ La lesione del LCA si verifica presumibilmente 40 ms dopo il T0. Al T1 osserviamo un movimento in valgo e in R.I.; la R.E. successiva si presenta dopo la lesione del LCA.

✓ *Il movimento in valgo si è sempre associato alla rotazione interna*