

Muscoli ischiocrurali e legamento crociato anteriore: amici o nemici?

di Piergiorgio Benaglia
e Francesco Sartorio

I sorprendenti risultati di un recente lavoro di Beynnon et al. pubblicato sull'autorevole *American Journal of Sports Medicine* (1) mettono in dubbio l'appropriatezza del rinforzo dei muscoli ischiocrurali nella riabilitazione dopo ricostruzione del LCA, dimostrandone anzi la potenziale pericolosità per il neo-legamento. La notizia ha un peso molto rilevante se si considera il fatto che la maggior parte dei riabilitatori

considera il rinforzo degli ischiocrurali uno dei punti cardine dell'intervento riabilitativo nelle prime fasi post-operatorie: molti autori ritengono infatti che questi muscoli siano in grado di contrastare la tendenza del ginocchio al "cassetto" anteriore (5, 11, 12). Procediamo con ordine e vediamo come Beynnon et al. hanno raggiunto questi risultati. Con tecnica artroscopica gli autori hanno impiantato un trasduttore di tensione sul LCA di 11 soggetti non affetti da lassità legamentose del ginocchio. Gli spostamenti del ginocchio (flessione, estensione, rotazione interna ed esterna) erano controllati da un elettrogoniometro. I soggetti erano seduti su di una apparecchiatura simile ad una macchina isotonica per il rinforzo del quadricipite e dovevano eseguire una serie di contrazioni dei

muscoli della coscia la cui intensità veniva rilevata da un trasduttore di forza collocato all'interno del fermo meccanico posto a livello della caviglia dei soggetti (Fig. 1). Il protocollo di studio prevedeva: a) una serie di flessioni ed estensioni attive del ginocchio in un range articolare compreso tra 5° e 90°, dapprima senza resistenza e poi contro una resistenza di 45 N; b) contrazioni isometriche del quadricipite e degli ischiocrurali alle posizioni articolari di 15°, 30°, 60° e 90°; c) co-contrazioni dei suddetti muscoli in posizioni articolari come al punto b. Per quanto concerne la relazione quadricipite-LCA, i risultati del lavoro confermarono quelli di studi precedenti: il LCA risultò essere messo in tensione, proporzionalmente alla forza muscolare esplicata, durante le contrazioni sia isometriche sia

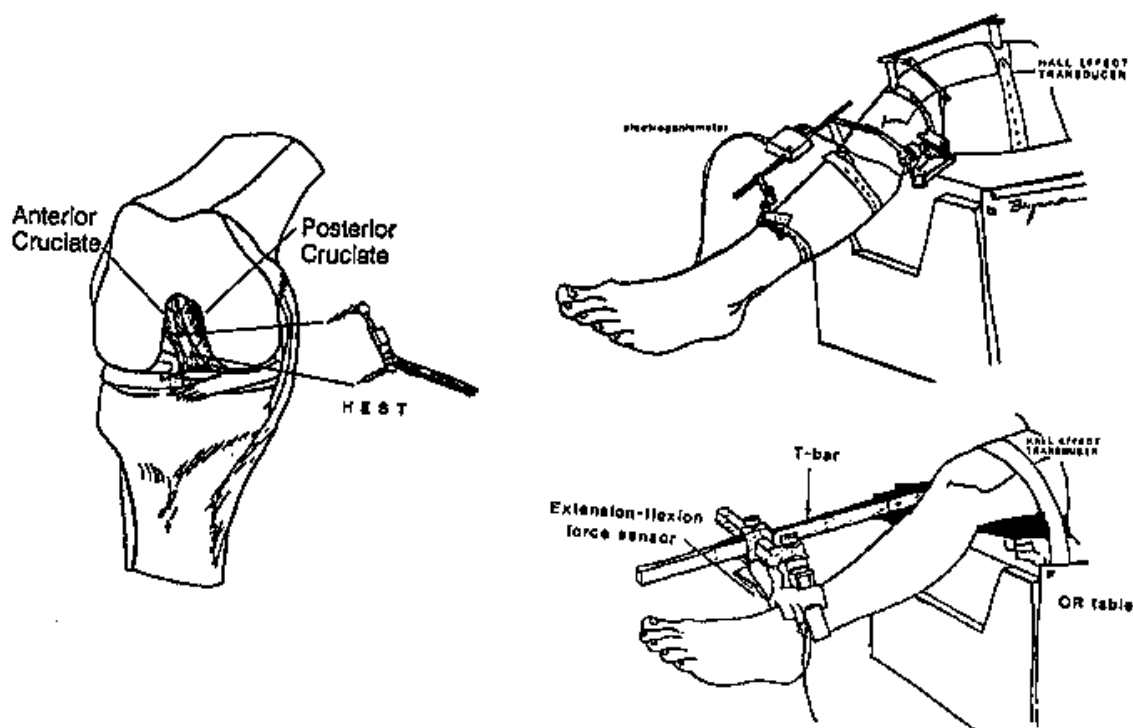


Fig. 1
Misura in vivo della tensione del legamento crociato anteriore. Un trasduttore di tensione (Hall Effect Transducer, HEST) è stato impiantato sulla porzione antero-mediale del LCA (a sinistra). A destra è raffigurato il posizionamento di un elettrogoniometro (in alto) e della leva (T-bar in figura) che i soggetti devono muovere e sulla quale è montato il trasduttore di forza (Force Sensor) (da Beynnon BD et al., 1)

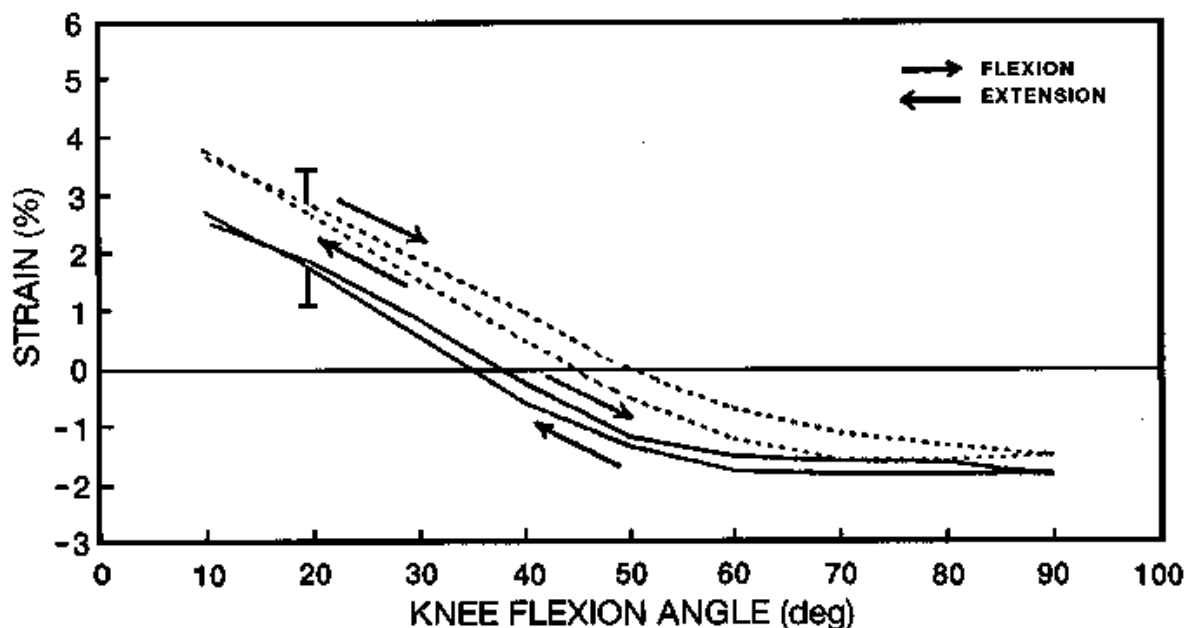


Fig. 2
 Lo stiramento del LCA nel movimento di flessione-estensione attiva del ginocchio, senza resistenza (linea continua) e contro una resistenza pari a 45 N (linea tratteggiata), dipende dalla posizione articolare e dall'intensità dell'attivazione muscolare. Si noti che il movimento di flessione (freccie verso destra) causa un tensionamento del LCA maggiore che non quello di estensione (da Beynon BD et al., 1).

concentriche del quadricipite a 15° e 30° e, in maniera ridotta, dalla co-contrazione quadricipite-ischiocrurali solo negli ultimi gradi di estensione. In netto contrasto con i lavori precedenti, si osservò che 1) nelle prove di flessione isometrica gli Ischiocrurali non sembravano ridurre in modo significativo la tensione del LCA in tutte le posizioni articolari rispetto alla situazione di riposo (assenza di contrazioni muscolari); 2) nelle prove di flessione concentrica del ginocchio anche contro resistenza, furono registrate tensioni decisamente elevate a carico del LCA che superavano perfino quelle registrate nelle prove di estensione concentrica (Fig. 2). Gli autori liquidano il problema attribuendo la causa del fenomeno all'intrarotazione della tibia che si verifica durante la flessione del ginocchio, fatto che, come già descritto in un precedente lavoro degli stessi autori, aumenta significativamente lo stiramento del LCA (2).

I RISULTATI DEGLI STUDI IN VITRO

Prima che venissero messe a punto le tecniche di indagine in vivo, la relazione ischiocrurali-LCA veniva studiata con metodologie differenti: per via indiretta, tramite l'uso di modelli meccanici sui quali vengono calcolate le forze a carico del ginocchio e la risultante sul LCA; b) per via diretta, in vitro, utilizzando cioè ginocchia prelevate da cadaveri (Fig. 3).

Renstrom et al. pubblicarono nel 1986 un lavoro che rappresenta una pietra miliare nello studio in vitro del comportamento del LCA durante movimenti attivi del ginocchio (10). Gli autori utilizzarono 7 articolazioni di ginocchio prelevate da cadaveri e le fissarono tramite il femore ad un basamento stabile, lasciando invece la tibia libera di muoversi in flessione-estensione. I muscoli quadricipite ed ischiocrurali vennero asportati e sostituiti da cavi inestensibili, a loro volta fissati nei punti di inserzione muscolare (ri-

spettivamente a livello della rotula e della faccia posteriore della tibia). Il cavo che sostituiva il quadricipite poteva essere messo in tensione da un motore idraulico, mentre quello degli ischiocrurali veniva manovrato manualmente dall'operatore. Alcuni rilevatori di forza posti in serie ai cavi registravano in tempo reale le forze "muscolari", mentre un elettrogoniometro misurava la posizione articolare del ginocchio. Infine, un particolare tipo di trasduttore posizionato in serie al LCA ne rilevava lo stato di tensione durante le varie fasi dell'esperimento. Furono simulate una serie di contrazioni isometriche ed isotoniche del quadricipite e degli ischiocrurali, e solo isometriche di entrambi i muscoli contemporaneamente, partendo dalle posizioni articolari di massima estensione fino a 120° di flessione con intervalli di 15°. I risultati confermarono le nozioni biomeccaniche (3) circa la capacità del quadricipite di mettere notevolmente in tensione il LCA, soprattutto negli ultimi 40° di esten-

sione. Al contrario, la contrazione isolata degli ischiocrurali risultò de-tendere il LCA soprattutto oltre i 60° di flessione e contrastare significativamente l'effetto di tensionamento del LCA da parte del quadricipite nelle prove di co-attivazione. Questi risultati furono confermati successivamente anche da altri studi (6, 13) cosicché gli ischiocrurali hanno assunto oggi (almeno fino alla pubblicazione del lavoro di Beynnon et al.) la qualifica di "guardiani del LCA".

Recentemente due lavori condotti in vitro (4, 7), in cui la tensione del LCA è stata studiata durante la simulazione dello squat (partendo dalla stazione eretta, accovacciamento e ritorno), mostrano risultati in netto contrasto con quelli di Beynnon et al.: la contrazione degli ischiocrurali riduce nettamente la tendenza della tibia ad intrarotare e a scivolare in avanti e conseguentemente lo stiramento del LCA. Contraddizione reale o apparente?

CATENA CINETICA APERTA E CHIUSA

La prima possibile spiegazione può risiedere nelle considerazioni di Pope et al. (9) i quali alla misurazione in vivo dello stiramento del LCA as-

sociarono il calcolo delle sollecitazioni a carico del ginocchio durante l'esecuzione dello squat, esercizio in cui il quadricipite e gli ischiocrurali sono attivi contemporaneamente. Gli autori trovarono il LCA deteso in tutto il range articolare osservato (10°-110°), benché dal calcolo biomeccanico risultasse la presenza di elevate sollecitazioni "anteriorizzanti" a carico della tibia tra 10° e 60° di flessione. La tensione del LCA apparì paradossalmente minore quando lo squat venne eseguito contro una resistenza elastica che aumentò l'attività del quadricipite del 10% circa e decuplicò il picco delle forze "anteriorizzanti" (Fig. 4). Pope et al. spiegarono i loro risultati ipotizzando che le forze compressive calcolate a carico del ginocchio nell'esercizio dello squat (peso del corpo e componenti longitudinali delle forze muscolari), determinando un aumento della rigidità o stiffness articolare, fossero in grado di contrastare le forze "anteriorizzanti". Torniamo ora allo studio di Beynnon et al.: i soggetti eseguivano un esercizio in catena cinetica aperta in cui 1) il ginocchio non era sottoposto al peso del corpo; 2) il grado di co-contrazione dei muscoli della coscia era inferiore

(e quindi lo era anche l'intensità delle forze compressive!): il risultato, in queste condizioni, è un grado di stiffness articolare decisamente inferiore, fatto che spiegherebbe l'elevato livello di stiramento del LCA trovato dagli autori.

ATTIVAZIONE DIFFERENZIATA DEGLI ISCHIOCRURALI

Rimane da spiegare il contrasto tra i risultati di Renstrom e quelli di Beynnon. Infatti, benché entrambi i lavori siano stati condotti in catena cinetica aperta, nel primo gli ischiocrurali contratti concentricamente detendevano il LCA mentre nel secondo, come abbiamo visto, lo mettevano notevolmente in tensione. La spiegazione potrebbe consistere nel fatto che, nell'esecuzione della flessione attiva del ginocchio in catena cinetica aperta e in posizione seduta (come nello studio di Beynnon et al.), i muscoli semimembranoso ed semitendinoso vengano attivati maggiormente rispetto al bicipite femorale. Ciò determinerebbe l'intrarotazione della tibia e perciò lo stiramento del LCA. Nel lavoro di Renstrom et al. ciò non può essersi verificato poiché in tutti gli studi di simulazione

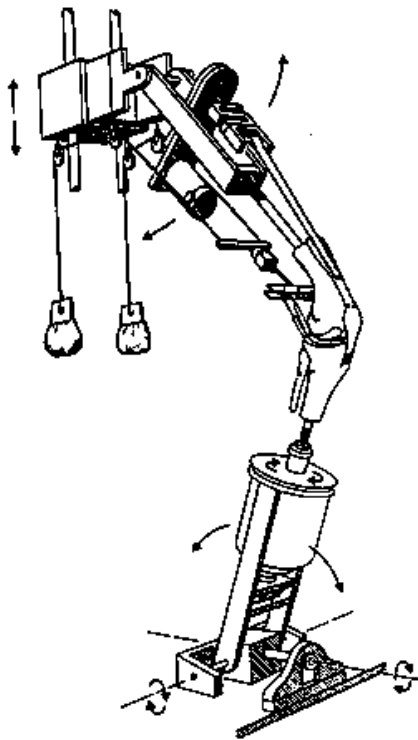


Fig. 3
Modello ibrido anatomico/meccanico dell'arto inferiore per lo studio in vitro della meccanica del ginocchio (da More RC, 7)

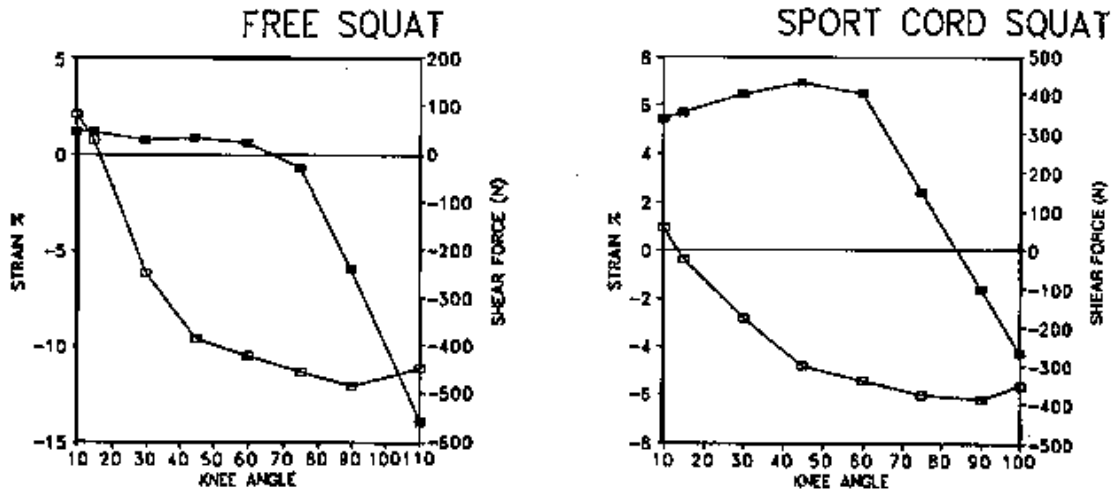


Fig. 4

Durante l'esecuzione dello squat senza resistenza (Free Squat) anche in presenza di lievi forze anteriorizzanti (shear force N, rettangoli neri) il grado di tensione del LCA (allungamento percentuale, strain %, rettangoli bianchi) risulta in quasi tutto l'arco di movimento inferiore allo zero, ovvero il valore di riferimento corrispondente alla lunghezza del LCA registrata in situazione di riposo a 30° di flessione. Lo squat eseguito contro resistenza (Sport Cord Squat) determina un notevole aumento delle forze anteriorizzanti cui non corrisponde un aumento significativo della tensione a carico del LCA (da Pope MH et al., 9).

in vitro gli ischiocrurali "mediali" e quelli "laterali" vengono attivati con eguale intensità. L'ipotesi, benché non esistano studi elettromiografici che la supportino, è tutt'altro che infondata se si considerano i risultati di alcuni recenti studi che dimostrano come il reclutamento dei muscoli poli-articolari sia diverso da quello dei muscoli sinergici mono-articolari dello stesso distretto. Per ogni movimento articolare, questi verrebbero attivati in modo non stereotipato, a seconda di una serie di

fattori come il tipo di compito motorio, la velocità d'esecuzione del gesto, il coinvolgimento di articolazioni attigue, ecc. (8, 14). Infine si consideri che quando si esegue lo squat la forza peso può essere scissa in due componenti ortogonali di cui quella parallela al femore (quando il ginocchio non è molto flessa) possiede un modulo non trascurabile essendo diretta anteriormente, agisce controbilanciando l'azione anteriorizzante del quadricipite sulla tibia, rispetto al femore stesso.

Insomma, rinforzo degli ischiocrurali sì o no? Purtroppo la risposta non può essere definitiva, anche se alla luce dei fatti sembra prudente evitarlo nei pazienti affetti da deficit del LCA, almeno nella posizione seduta in catena cinetica aperta, come accade nell'esercizio isocinetico o isotonic, preferendo invece posizioni in cui il ginocchio goda di una elevata stiffness articolare, come ad esempio negli esercizi di carico in stazione eretta o alla pressa.

BIBLIOGRAFIA

- BEYNNON BD, FLEMING BC, JOHNSON RJ, NICHOLS CE ET AL.: Anterior cruciate ligament strain behaviour during rehabilitation exercises in vivo. Am J Sports Med 1995; 23:24-34
- BEYNNON BD, POPE MH, FLEMING BC ET AL.: An in vivo study of the ACL strain biomechanics in the normal knee. Orthop Trans 13:361, 1989
- GROOD ES, SUNTAY WJ, NOYES FR AND TUTTLER DL: Biomechanics of the knee-extension exercise. Effect of cutting the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 1984; 66-A:725-733
- DURSELEN L, CLAES L AND KIEFER H: The influence of muscle forces and external loads on cruciate ligament strain. Am J Sports Med 1995; 23:129-136
- FRINDAK PA AND BERASI CC: Rehabilitation concerns following anterior cruciate ligament reconstruction. Sports Med 1991; 12:338-346
- HIROKAWA S, SOLOMONOW M, LEE Z, LU Y AND D'AMBROSIA R: Muscular co-contraction and control of knee stability. J Elect Kinesiol 1991; 3:199-208
- MORE RC, KARRAS BT, NEIMAN R, FRITSCHY D ET AL.: Hamstrings-an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. Am J Sports Med 1993; 21: 231-237
- NARAZAWA K, MASANI K, MIYASHITA M, YANO H: EMG activities of mono- and bi-articular muscles during goal-directed ballistic movement. Hum Mov Sci 1994; 13:601-610
- POPE MH, STANKIEWICH CJ, BEYNNON BD AND FLEMING BC: Effect of knee musculature on anterior cruciate ligament strain in vivo. J Elect Kinesiol 1991; 3: 191-198
- RENSTROM P, ARMS SW, STANWYCK TS, JOHNSON RJ AND POPE MH: Strain within the anterior cruciate ligament during hamstring and quadriceps activity. Am J Sports Med 1986; 14:83-87
- SETO JL, BREWSTER CE, LOMBARDO SJ AND TIBONE JE: Rehabilitation of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Sports Phys Ther 1989; 11:121-126
- SOLOMONOW M, BARATTA RV, D'AMBROSIA R: The role of the hamstrings in the rehabilitation of the ACL deficient knee in athletes. Sports Med 1989; 7:42-48
- SOLOMONOW M, BARATTA RV, ZHOU B, SHOJI H ET AL.: The synergistic action of the ACL and thigh muscles in maintaining joint stability. Am J Sports Med 1987; 15:207-213
- VAN INGEN SCHENAU GJ, BOOTS PJM, DE GROOT BG AND SNACKERS RJ: The constrained control of force and position in multi-joint movements. Neuroscience 1992; 46:197-207