



Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.mo Prof. Raffaele De Caro*

TESI DI LAUREA

L'UTILIZZO DI TEST SULLA KINESIOFOBIA E SULLA
FUNZIONALITÀ DEL GINOCCHIO COME VALUTAZIONE
INDIRETTA DEL RATE OF FORCE DEVELOPMENT (RFD) IN
SOGGETTI OPERATI IN ARTROSCOPIA DI GINOCCHIO PER
LESIONE DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE.
STUDIO OSSERVAZIONALE.

(The use of kinesiophobia and knee functionality tests as indirect assessment of the Rate of Force Development (RFD) in subjects after arthroscopy surgery for lesion of the anterior cruciate ligament.)

RELATORE: Prof. Granzotto Giorgio
Correlatore: Dott. Mag. Ft. Rossi Alex

LAUREANDO: Speranza Ermanno

Anno Accademico 2015-2016

Indice

Abstract italiano.....	1
Abstract inglese.....	2
Introduzione	3
Capitolo 1: Cenni di fisiopatologia del legamento crociato anteriore.....	5
1.1 Composizione biologica e proprietà viscoelastiche.....	5
1.2 Caratteristiche anatomiche.....	6
1.3 Aspetti biomeccanici e funzionali.....	6
1.4 Epidemiologia ed eziopatogenesi.....	7
1.5 Clinica e diagnosi.....	8
Capitolo 2: Trattamento chirurgico e riabilitativo post lesionali.....	10
2.1 Principali tecniche chirurgiche.....	10
2.1.1 Autograft: tendine rotuleo vs tendine di semitendinoso e gracile.....	10
2.1.2 Allograft.....	11
2.2 Riabilitazione.....	12
2.2.1 Prechirurgica.....	12
2.2.2 Postchirurgica.....	12
2.3 Outcomes.....	14
2.4 Rate of Force Development (RFD).....	14
2.5 Fattori psicologici che possono condizionare gli outcomes.....	15
Capitolo 3: Materiali e metodi.....	17
3.1 Campione.....	17
3.2 Misure degli outcomes.....	17
3.3 Procedure.....	18
3.4 Analisi statistica.....	21
Capitolo 4: Risultati.....	22
Discussione.....	25
Conclusioni.....	30
Bibliografia.....	31
Allegati	

Abstract

Introduzione: il breve tempo di contrazione non permette al muscolo di raggiungere la massima forza muscolare e di conseguenza il RFD (Rate of Force Development) diventa il più importante descrittore della funzionalità muscolare rispetto al solo dato della forza massimale.

Il LCA è il legamento del ginocchio che più frequentemente va incontro a lesione e, ad oggi, il 70% degli atleti che si sottopongono alla ricostruzione chirurgica del LCA o non riprende l'attività sportiva o non ritorna ai livelli sportivi precedenti l'infortunio a causa anche delle componenti psicologico-motivazionali e della ridotta percezione soggettiva della funzionalità del ginocchio.

Scopo dello studio: verificare se esista una correlazione tra i valori di RFD, la kinesiofobia riferita e le performance nei test funzionali dello Step-Down Test e del Crossover-Hop Test. Inoltre, indagare se sia possibile prevedere in maniera indiretta e con un significativo grado di precisione il RFD mediante l'analisi dei test descritti prima senza l'utilizzo dei macchinari isocinetici.

Materiali e metodi: sono stati reclutati 7 pazienti che hanno risposto ai criteri di inclusione ed esclusione. Per ogni paziente reclutato sono state valutate la kinesiofobia (Tampa Scale), il RFD estensorio del quadricipite, le performance nello Step-Down Test (con analisi video e scala di valutazione di Piva et al.) e nel Crossover-Hop Test.

Risultati: è emersa una significativa correlazione ($p < 0.05$) tra la Tampa Scale, i due test funzionali esaminati e il rapporto lesio/sano di RFD₅₀ e RFD₂₀₀, mentre correlazioni altrettanto significative non sono state riscontrate comparando i test con i valori assoluti di RFD relativi all'arto lesio. Con il campione arruolato non è stato possibile predire con un buon livello di precisione il valore dei rapporti lesio/sano di RFD attraverso l'utilizzo congiunto dei soli risultati della Tampa Scale e dei test funzionali in quanto gli intervalli di previsione calcolati sono stati troppo ampi.

Conclusioni: i risultati ottenuti hanno evidenziato che esiste una forte correlazione tra i deficit di RFD₅₀ e RFD₂₀₀ dell'arto lesio rispetto al sano con gli altri test indagati. Inoltre questo studio ha suggerito come, con questo campione, non sia possibile prevedere con un buon grado di precisione i valori del deficit di RFD dell'arto lesio rispetto al sano attraverso l'impiego congiunto della Tampa Scale e dei test funzionali e risulta quindi necessario l'impiego del macchinario isocinetico per la sua determinazione.

Abstract (lingua inglese)

Introduction: the shorter contraction time does not allow to achieve maximum muscle strength and consequently the RFD (Rate of Force Development) becomes a more important descriptor of muscle function compared to the only maximal strength.

The ACL is the ligament that most frequently undergoes injury and, to date, 70% of athletes who undergo the surgical reconstruction of the ACL does not resume sports either does not return to previous sports levels also because of the psychological and motivational components and of the reduction in subjective perception of knee's functionality.

Objective: check if there is a correlation between the values of RFD, the kinesiophobia and the performances in the Step-Down and Crossover-Hop Tests. In addition, investigate whether it's possible to indirectly predict, with significant accuracy, the RFD by the analysis of the tests described before without the use of isokinetic machines.

Methods and materials: 7 patients who have satisfied the inclusion and exclusion criteria have been recruited. For each patient recruited the kinesiophobia (Tampa Scale), the RFD of quadriceps extension, the performances in the Step-Down Test (video analysis and assessment with Piva's Scale) and Crossover-Hop Test have been assessed.

Results: it has emerged significant correlation ($p < 0.05$) between Tampa Scale, the two functional tests and the deficit of the injured limb compared to the healthy in the ratios of RFD₅₀ and RFD₂₀₀. Equally significant correlations weren't found by comparing the tests with absolute values of RFD related to the injured limb. With the recruited sample hasn't been possible to predict with a good degree of accuracy the value of the ratio injured/healthy of RFD through the combination of the only results of the Tampa Scale and functional tests because prediction intervals calculated were too big.

Conclusion: these results have shown that there is a strong correlation between the deficit of RFD₅₀ and RFD₂₀₀ of injured limb compared to healthy with the other tests assessed. Furthermore this study suggested how, with this sample, it is not possible to predict with a good degree of accuracy the values of the injured limb RFD deficit compared to healthy through the combined use of the Tampa Scale and the functional test and it is therefore necessary the use of isokinetic machine for its determination.

Introduzione

Il RFD (Rate of Force Development) è un termine usato per descrivere la capacità neuromuscolare di sviluppare rapidamente forza muscolare e in un test isometrico si identifica con la pendenza della curva forza/tempo del grafico (Aagaard et al. 2002).

Mentre la forza massima volontaria è ampiamente dipendente dall'area della sezione trasversa del muscolo, il RFD è influenzato da fattori diversi che agiscono diversamente a seconda che ci si trovi nella fase iniziale (<100 ms) o nella fase tardiva (>200 ms) della contrazione muscolare isometrica. La fase iniziale è influenzata dalle proprietà contrattili intrinseche del muscolo e dalla qualità ed efficacia della conduzione nervosa, mentre la fase tardiva risente dell'area della sezione muscolare trasversa, della conduzione nervosa e della stiffness del complesso tendine-aponeurosi.

Come accennato in precedenza la misurazione del RFD viene effettuata mediante l'esecuzione di un test isometrico in cui i valori vengono rilevati solitamente da un macchinario isocinetico che purtroppo a causa degli elevati costi spesso non è presente in tutte le strutture riabilitative.

Per quanto concerne le modalità con cui poter aumentare i livelli di RFD sono stati condotti studi con lo scopo di analizzare gli effetti di diversi tipi di allenamento e si è osservato come sostanziali miglioramenti si possono ottenere sia utilizzando protocolli di training di resistenza tradizionali sia proponendo training di forza esplosiva o isometrica. Nel 2012 Tillin et al. hanno dimostrato però come un training isometrico di forza esplosiva dia risultati migliori in virtù della capacità di determinare un aumento e dei valori della fase iniziale e dei valori della fase tardiva dell'RFD.

I parametri di RFD assumono un importante significato funzionale quando si considera la contrazione muscolare eseguita ad alte intensità e velocità. Per fare un esempio, movimenti rapidi come quelli richiesti nello sprint running, nel karate, nella box, ma anche in molte attività quotidiane richiedono tempi di contrazione solitamente tra i 50 – 250 ms, mentre per raggiungere livelli di forza massimali la maggior parte dei muscoli umani necessita di tempi più lunghi (es. flessori di gomito e estensori di ginocchio > 300ms). Quindi durante i movimenti veloci il più breve tempo di contrazione non permette di raggiungere la massima forza muscolare e di conseguenza il RFD diventa un più importante descrittore della funzionalità muscolare rispetto al solo dato della forza massimale.

Ciò suddetto potrebbe assumere dunque rilevanza anche nella riabilitazione ortopedica ove l'aspetto neuromuscolare non viene considerato appieno ed è prassi consolidata

adoperare la massima forza muscolare come uno dei parametri di outcome d'elezione per decretare la prontezza dei soggetti al ritorno a svolgere le normali attività quotidiane o le complete attività agonistiche a seguito di un infortunio. A sostegno di ciò, in studi condotti in passato su soggetti operati di ricostruzione del LCA si raccomandava il raggiungimento di una forza muscolare massimale dell'arto operato pari all'85-90% dell'arto controlaterale non operato per poter permettere il rientro allo sport.

Il LCA è il legamento del ginocchio che più frequentemente va incontro a lesione e, specialmente nella popolazione sportiva agonista, necessita di essere trattato chirurgicamente mediante intervento di ricostruzione in artroscopia con l'obiettivo di ripristinare la stabilità e la funzionalità dell'articolazione.

Nonostante i progressi nelle tecniche di operazione del LCA e nelle procedure riabilitative, ad oggi i 2/3 degli atleti che si sottopongono alla ricostruzione chirurgica del LCA o non riprende l'attività sportiva o non ritorna ai livelli sportivi precedenti l'infortunio. In letteratura sempre più articoli evidenziano come tra i fattori che possono determinare o comunque influenzare questa percentuale vi siano anche le variabili psicologico-motivazionali della persona e la ridotta percezione soggettiva della funzionalità del ginocchio. La componente della paura di incorrere in un ulteriore infortunio condiziona maggiormente la probabilità di non ritornare ai livelli sportivi precedenti all'infortunio.

Alla luce di ciò, lo scopo di questo studio è verificare se, in soggetti con esiti di ricostruzione chirurgica del LCA, al variare del RFD variano coerentemente anche la loro kinesiofobia (valutata somministrando la Tampa Scale) e le loro performance nei test funzionali in modo da poter constatare se è possibile determinare in maniera indiretta e con un significativo livello di precisione il valore di RFD tramite l'analisi di test molto più fruibili ed economici rispetto ai macchinari isocinetici.

L'analisi statistica verrà condotta da uno statistico non coinvolto né con il processo chirurgico né con il processo riabilitativo. Essa si fonderà sull'analisi dei modelli di regressione lineare necessari per indagare la correlazione tra le nostre variabili di interesse e sull'applicazione della t-Student utile a determinare gli intervalli di previsione necessari per capire se con i nostri test è possibile predire con un buon livello di precisione il valore di RFD.

Capitolo 1: Cenni di fisiopatologia del legamento crociato anteriore

1.1 Composizione biologica e proprietà viscoelastiche

Il legamento è composto principalmente da tessuto connettivo il quale viene comunemente classificato come denso e regolare. Questa classificazione deriva dal fatto che nel legamento i fasci di fibre sono impaccati densamente e sono orientati ordinatamente in modo parallelo gli uni agli altri conferendo così al legamento la peculiarità di essere particolarmente adatto a resistere a forze tensive (26).

Come tutti i tessuti connettivi densi anche il legamento è formato da due componenti principali: una porzione cellulare rappresentata da fibroblasti (20%) ed una matrice extracellulare (80%) formata a sua volta da una componente fibrosa (collagene ed elastina) e dalla sostanza fondamentale (glicoproteine, proteoglicani e acqua) (26).

All'interno del legamento il collagene è presente in una proporzione molto maggiore rispetto all'elastina e nel corso degli anni sono stati identificati 19 tipi differenti dei quali i più presenti nel legamento sono il tipo I (70%) ed il tipo III (10%) (26).

Le proprietà viscoelastiche delle fibre legamentose permettono al legamento di subire un allungamento sotto carico resistendo allo spostamento dell'articolazione. La tensione sviluppata all'interno delle fibre legamentose dipende dal loro sito d'attacco tibiofemorale, dalla loro lunghezza iniziale, dalla posizione articolare iniziale e dal successivo spostamento articolare.

Il punto L_0 descrive il momento in cui le fibre iniziano ad essere sottoposte ad uno stress e fin quando la distanza tra i siti d'attacco ossei del legamento è inferiore a L_0 il legamento è detensionato (*Toe region*). Le fibre esercitano quindi la loro funzione solamente quando la distanza tra i loro siti d'attacco raggiunge una lunghezza tale per cui si possa generare uno stress.

La funzione delle fibre legamentose si esplica subito a bassi livelli di strain i quali sono stati stimati essere pari al 5%, mentre la rottura delle fibre inizia invece in un range di strain superiore che è stato calcolato essere pari a circa l'8%. Tale comportamento è principalmente dovuto alle fibre collagene componenti il legamento le quali, non essendo molto elastiche si rompono a gradi di strain relativamente bassi (25).

1.2 Caratteristiche anatomiche

Il legamento crociato anteriore (LCA), insieme al legamento crociato posteriore, è situato all'interno dell'articolazione del ginocchio ed è responsabile della stabilità del ginocchio su tutti i piani di movimento.

Il nome deriva dalla collocazione della sua inserzione sulla tibia. Infatti il LCA origina dalla porzione mediale dell'area intercondiloidea anteriore della tibia ed è in parte fuso con il corno anteriore del menisco laterale. Dal punto di origine si sviluppa in alto, indietro e lateralmente, attorcigliandosi su sé stesso ed aprendosi a ventaglio per inserirsi sulla parte posteriore della superficie mediale del condilo laterale del femore.

È costituito da un nastro principale postero-laterale e uno antero-mediale più piccolo, i quali sono spiraliformi e si comportano diversamente nei movimenti articolari (29).

Il supporto sanguigno al LCA deriva principalmente dall'arteria genicolata media la quale rappresenta una branca dell'arteria poplitea (3).

Per quanto concerne l'innervazione essa è data dal nervo articolare posteriore, una branca del nervo tibiale nella fossa poplitea, il quale fornisce meccanorecettori e nocicettori che giocano un importante ruolo nella propriocezione del ginocchio (3).

1.3 Aspetti biomeccanici e funzionali

La funzione primaria del legamento crociato anteriore è quella di agire come primario stabilizzatore statico del ginocchio resistendo ai movimenti di iperestensione, traslazione tibiale anteriore e ai movimenti rotatori. Inoltre, a causa del suo particolare orientamento spaziale, in maniera secondaria resiste anche agli stress in varo ed in valgo in tutti i gradi di flessione di ginocchio.

La tensione e l'orientamento del LCA cambiano in rapporto ai movimenti di flessione-estensione del ginocchio. Sebbene alcune fibre del legamento rimangano relativamente tese durante tutto il range di movimento sul piano sagittale, la maggior parte delle fibre, specialmente quelle presenti nel fascio postero-laterale, diventano sempre più tese mano a mano che il ginocchio si avvicina e raggiunge la completa estensione.

Il LCA contrasta quindi lo slide anteriore della tibia sul femore indotto dalla forza generata dal quadricipite e studi in questo senso hanno evidenziato come, durante gli ultimi 50 gradi di estensione del ginocchio e in assenza di LCA, le forze attive espresse dalla contrazione del quadricipite aumentino di molto lo slide anteriore tibiale (21).

Però, nonostante la tensione nel LCA sia massima nei gradi prossimi alla (e nella) completa estensione, è stato studiato anche come con l'aumentare della flessione di ginocchio, approssimativamente da circa 30°, si incrementi pure la tensione all'interno del fascio antero-mediale del legamento e, in linea con quest'evidenza, alcuni autori hanno quindi suggerito che un'instabilità anteriore a ginocchio esteso sia dovuta ad una rottura del fascio posteriore, mentre un'instabilità anteriore a ginocchio flesso a 90° sia la conseguenza di una lesione del fascio anteriore (26).

1.4 Epidemiologia ed eziopatogenesi

Le lesioni legamentose possono interessare gli individui di tutte le età, ma si verificano con maggior frequenza nei soggetti giovani tra i 20 e 40 anni prevalentemente come risultato di infortuni sportivi.

Tra i vari legamenti componenti il ginocchio, il legamento crociato anteriore è quello che più comunemente va incontro a lesione e, approssimativamente, la metà degli infortuni è a carico di una popolazione di soggetti compresa tra i 15 ed i 25 anni. Infatti, a causa del suo orientamento spaziale, ideale a garantire un ampio di range di stabilità al ginocchio, il LCA risulta essere vulnerabile agli infortuni in molte direzioni di movimento.

Una variabile che è comune ad essenzialmente tutti gli infortuni di LCA è la presenza di uno stretch ad alta velocità quando il legamento è ancora in tensione ed i meccanismi lesionali si suddividono in due macrocategorie: da contatto e non da contatto.

All'incirca il 70% delle lesioni del LCA correlate allo sport non sono da contatto e molte di esse avvengono in situazioni quali atterrare da un salto, cambiare direzione velocemente facendo perno su un solo arto inferiore piantato a terra o un'eccessiva iperestensione di ginocchio con il piede saldamente fissato a terra. I meccanismi lesionali sono spesso imprevedibili ed avvengono molto rapidamente rendendo così difficile da stabilire la precisa posizione dell'articolazione o la direzione prevalente delle forze applicate al ginocchio nel momento dell'infortunio.

Per quanto concerne l'atterraggio dal salto sono stati descritti tre principali fattori che contribuiscono a determinare la dannosità di questo evento:

- 1) La forte attivazione del quadricipite su un ginocchio leggermente flesso o in estensione completa,
- 2) Un marcato "collasso" in valgismo del ginocchio,

- 3) Un'eccessiva rotazione esterna del ginocchio (eccessiva rotazione interna di femore sulla tibia fissa)

In una situazione cinetica e cinematica del ginocchio come quella appena descritta la ricerca ha confermato come ci sia un sovraccarico di forze tensive sul LCA che possono quindi condurre ad una rottura.

Gli infortuni da contatto rappresentano il restante 30% ed il più comune meccanismo è un colpo nella parte laterale del ginocchio che determina una forza in valgo sul ginocchio che può risultare non solo in una lesione del LCA, ma anche in una lesione del legamento collaterale mediale e del menisco mediale (11)(21).

1.5 Clinica e diagnosi

Dal punto di vista clinico i pazienti con una lesione del LCA in acuto tipicamente presentano dolore, versamento articolare nel ginocchio, riduzione del ROM articolare e difficoltà a caricare peso sull'arto inferiore.

La risonanza magnetica risulta essere il gonden standard per quanto riguarda la diagnosi strumentale, mentre in clinica i test che si sono rivelati più significativi nel guidare verso la formulazione di una diagnosi di rottura del LCA sono: il test di Lachman, il test del cassetto anteriore ed il pivot-shift test (16).

- *Test di Lachman*

Il test di Lachman ha una buona accuratezza nell'individuare le patologie del LCA sia in fase acuta che cronica in quanto ha una sensibilità dell'86% ed una specificità de 91%. Ciò deriva dal fatto che la posizione in cui viene eseguito il test produce una tensione massima nella maggior parte dei LCA.

Nonostante ciò il test presenta dei limiti, sia perché gli esaminatori con mani piccole possono trovare difficoltà con pazienti dalla grande circonferenza cosciale sia perché la posizione in cui viene tenuto il ginocchio è un po' critica visto e considerato che una diminuzione dell'angolo di flessione di appena 10° può risultare in una riduzione dell'escursione della tibia risultante in un falso end-point (9).

- *Test del cassetto anteriore*

Il test del cassetto anteriore è ampiamente usato nella diagnosi delle lesioni al LCA. Tuttavia, studi hanno evidenziato livelli molto bassi di sensibilità e specificità, rispettivamente del 49% e 58%, specialmente in condizioni acute.

I principali fattori che possono rendere il test del cassetto anteriore poco affidabile in acuto sono:

- 1) L'emartro e la sinovite reattiva che possono precludere il raggiungimento dei 90° di flessione di ginocchio indispensabili per la corretta esecuzione del test,
- 2) La contrazione antalgica e protettiva dei muscoli ischiocrurali determina un vettore di forza opposto alla traslazione anteriore della tibia,
- 3) Il corno posteriore del menisco mediale potrebbe cozzare contro il margine posteriore del condilo mediale femorale impedendo la traslazione anteriore della tibia.

In condizioni croniche invece, essendoci un minor versamento articolare, un minor dolore ed una minor contrazione muscolare protettiva, la sensibilità e specificità del test sono di gran lunga migliori con livelli pari rispettivamente al 92% ed al 91% (9).

- *Pivot-Shift test*

Il pivot-shift test riproduce il fenomeno del “giving-way” del ginocchio ed un test positivo mette in luce lassità anterolaterale la quale è molto riportata dai pazienti come una sensazione riconoscibile.

Il test è caratterizzato da una specificità altissima (98%) alla quale si associa però una povera sensibilità che in fase acuta è del 32% mentre in fase cronica del 40%.

Quest'ultima può essere spiegata dal fatto che i pazienti con una lesione cronica del LCA hanno acquisito una certa familiarità con lo sgradevole fenomeno del “giving-way” e quindi nel momento dell'esaminazione mettono in atto una contrazione muscolare di difesa (9).

Come descritto sopra l'accuratezza di questi test può essere influenzata da fattori quali il gonfiore, il dolore e la contrazione muscolare protettiva e quindi studi condotti hanno dimostrato come l'utilizzo dell'anestesia possa diventare uno strumento molto utile per rendere il processo diagnostico più preciso e accurato (9).

Capitolo 2: Trattamento chirurgico e riabilitativo post-lesionale

In linea generale i fattori che condizionano la decisione per la ricostruzione di un legamento sono il tipo di legamento lesionato (differenze nella capacità di guarigione tra i legamenti), la sede e le dimensioni della lesione, il gradi di instabilità provato dal paziente, la presenza di altre alterazioni patologiche ed il 'potenziale per ottenere il livello di funzione desiderato. Anche il rischio di una recidiva e la prevenzione di una menomazione futura sono da prendere in considerazione, perché la lesione acuta del legamento, se non è trattata adeguatamente, può portare all'instabilità cronica. Si ritiene che l'instabilità possa a sua volta contribuire con il tempo alla degenerazione della cartilagine articolare ed all'insorgenza precoce dell'osteoartrite (11).

2.1 Principali tecniche chirurgiche

Tendenzialmente il trattamento chirurgico per lesioni dei legamenti è indicato solo in caso di fallimento del protocollo conservativo, ma molti autori raccomandano l'intervento chirurgico per le lesioni acute isolate del LCA e del legamento collaterale laterale, dopo un breve periodo di gestione della fase acuta, negli individui attivi nelle attività ricreative.

Nella pratica chirurgica la ricostruzione intra-articolare delle lesioni legamentose è diventata il mezzo principale per gestire le lesioni dei legamenti crociato anteriore e posteriore.

La ricostruzione intra-articolare si ottiene mediante l'uso di trapianti di tessuto, molto spesso con un autograft (trapianto autologo) e qualche volta con un allograft (trapianto da donatore) o con un syntheticraft (impianto sintetico) (11).

2.1.1 Autograft: tendine rotuleo vs tendine di semitendinoso e gracile

Gli impianti autologhi che utilizzano il tendine rotuleo ed il tendine dei muscoli semitendinoso e gracile (STG) sono i più affidabili e per questo i più largamente impiegati nella pratica chirurgica.

Storicamente il tendine rotuleo ha rappresentato il golden standard degli interventi di ricostruzione ed è solo relativamente recente l'impiego del STG.

Molti studi hanno riportato delle differenze tra gli outcomes degli autograft con tendine rotuleo e STG. Da queste ricerche è emerso un rischio relativo ed un livello di revisione

chirurgica significativamente maggiori nei pazienti sottoposti alla ricostruzione con impianto di tendine semitendinoso e gracile.

Gli autograft con tendine rotuleo hanno dato outcomes peggiori per quanto riguarda il dolore anteriore ed interno del ginocchio ed in follow-up postoperatori di 15 anni sono stati trovati outcomes migliori negli interventi con semitendinoso e gracile. Nello specifico, si è visto come nei pazienti operati con tendine rotuleo, tra i 10 e 15 anni post-operatori, vi fosse una perdita di gradi articolari estensori del ginocchio, una diminuita performance nel single-leg hop test ed un indice più alto di osteoartrite radiologica (29% STG e 32% tendine rotuleo) (22).

2.1.2 Allograft

Gli interventi di allograft prevedono un prelievo da donatore (cadavere) di tendini che possono essere: rotuleo, semitendinoso e gracile, quadricipitale, achilleo o tibiale.

Per gli allograft, i potenziali vantaggi includono la disponibilità di una più larga gamma di innesti, l'evitamento della morbidità associata alla raccolta dell'innesto per l'impianto autologo e dell'indebolimento degli apparati estensori e flessori del ginocchio. Tuttavia, i suoi principali svantaggi sono i più alti costi di prelievo dell'innesto, il più alto rischio di trasmissione delle malattie, una ritardata incorporazione dell'innesto e, nel lungo termine, di un indebolimento della forza dell'innesto (32).

Varie tecniche di sterilizzazione, come ad esempio le irradiazioni con raggi- γ e microonde, sono state sviluppate per prevenire le infezioni indotte dall'allograft. Tuttavia, molti studi hanno suggerito che queste tecniche di sterilizzazione alterano significativamente le proprietà meccaniche dell'allograft (32).

Molti studi hanno comparato gli outcomes degli interventi di allograft con quelli di autograft ed i risultati sono stati molto vari. È stato messo in luce come gli allograft diano una percentuale maggiore di ginocchia con un'anormale stabilità e tale percentuale aumenta negli allograft irradiati se comparati con i non irradiati (31% vs 12%). Inoltre è stato visto che, rispetto agli allograft, gli autograft danno outcomes significativamente migliori nelle scale IKDC, Lysholm, Tegner e KT-1000 ed infine è stato calcolato che la probabilità di incorrere in una rottura del nuovo innesto è 7 volte superiore con gli interventi di allograft (22).

2.2 Riabilitazione

In questa sezione verranno descritte le attuali conoscenze riguardanti i principi che sostengono l'intervento riabilitativo conseguente ad una lesione del legamento crociato anteriore.

2.2.1 Pre-chirurgica

In letteratura è stato evidenziato che non solo non ci sono benefici ma, in alcuni casi, ci sono outcomes negativi quando l'intervento di riparazione è eseguito prima della risoluzione delle limitazioni articolari, dell'atrofia muscolare, del gonfiore e del dolore. Per questo motivo molta enfasi è stata posta nella necessità di ripristinare la normale motilità articolare del ginocchio prima dell'intervento chirurgico ed in questo senso è importante che gli obiettivi riabilitativi siano indirizzati verso la diminuzione del dolore e del versamento articolari.

L'unica eccezione in questo caso riguarda la presenza di un blocco all'estensione, come ad esempio una lesione a manico di secchio del menisco. In questi casi, un precoce intervento chirurgico è permesso per riparare la lesione meniscale in modo da poter riabilitare il ginocchio recuperando così la completa estensione e flessione per dopo procedere con la ricostruzione del LCA.

Inoltre nella fase precedente la chirurgia è importante sia iniziare gli esercizi isometrici del quadricipite e dei muscoli ischiocrurali per migliorare gli esiti di debolezza e atrofia muscolare conseguenti alla ricostruzione del LCA sia cominciare le attività di rieducazione neuromuscolare (11)(23).

2.2.2 Post-chirurgica

I principali obiettivi della riabilitazione post-chirurgica la prevenzione delle complicazioni, come ad esempio l'artrofibrosi, e il raggiungimento di una funzionalità normale del ginocchio. I pazienti devono riguadagnare la completa motilità del ginocchio, una normale mobilità patellare, un normale schema del cammino ed adeguati controllo muscolare, forza muscolare, coordinazione e propriocezione dell'arto inferiore nelle attività da loro desiderate. È molto importante che il programma di esercizi riabilitativo non produca forze eccessive ed inadatte nel neolegamento in fase di guarigione e che consideri entrambi gli arti inferiori (anche quello non operato) con l'obiettivo di ottenere una forza ed una funzione neuromuscolare simmetriche.

Una precoce mobilitazione diminuisce il dolore e il versamento articolare post-operatorio, aiuta nella prevenzione della formazione di tessuto cicatriziale e di retrazioni capsulari che possono esitare in artrofibrosi, diminuisce gli effetti del disuso muscolare, mantiene il trofismo cartilagineo e dà benefici alla guarigione del neolegamento. Il mancato raggiungimento di una completa motilità può causare un'anormale artrocinematica articolare, un incremento delle pressioni nelle articolazioni tibiofemorale e femororotulea, osteoartrite femororotulea e scarsi outcomes.

La mobilitazione patellare è un importante componente del programma riabilitativo in quanto aiuta a prevenire la formazione di un tessuto cicatriziale eccessivo intorno alla rotula, ai retinacoli mediali e laterali e al cuscinetto adiposo.

Per quanto riguarda il carico che si può concedere, basandosi sulla letteratura, sembrerebbe che un immediato carico parziale sia sicuro e non deleterio per la guarigione del neolegamento, mentre gli effetti di un carico da subito completo rimangono ancora sconosciuti. Dalla letteratura emerge che gli esercizi in stazione eretta con le ginocchia flesse ed il tronco flesso anteriormente, come ad esempio il minisquat, non solo sono sicuri, ma hanno anche il vantaggio di aumentare la forza muscolare, la resistenza e la propiocezione.

L'atrofia muscolare e la debolezza dell'arto inferiore a seguito di un intervento di riparazione del LCA rappresentano ancora un difficile ed irrisolto problema che non appare essere correlato al tipo di innesto utilizzato. Tra le ragioni proposte per i deficit di forza del quadricipite figurano: un'atrofia selettiva delle fibre di tipo I, una riduzione del dimensione delle fibre, una non ottimale attivazione muscolare durante le contrazioni volontarie, una perdita dei meccanorecettori del LCA nativo, un'inibizione artrogenica, un cambiamento nell'unità muscolotendinea e delle alterazioni nei percorsi neuronali. È quindi di primaria importanza che ogni programma riabilitativo corregga questi deficit in una modalità sicura, controllata ed efficace.

Per quanto riguarda infine la propiocezione è stato visto che essa risulta alterata dopo ogni lesione del LCA e ciò è conseguenza del danno incorso ai meccanorecettori articolari e alle afferenze muscolari. Il ripristino di una normale funzione neuromuscolare è quindi un obiettivo riabilitativo da ricercare il prima possibile in quanto rappresenta un principio fondamentale sia per il raggiungimento di ottimi outcomes sia per l'eventuale inizio di esercizi sport-specifici e il rilascio alle complete attività (23).

2.3 Outcomes

Una mancanza di consenso esiste ancora tra le professioni mediche a riguardo dei criteri oggettivi e soggettivi che i pazienti dovrebbero raggiungere prima che venga loro data l'autorizzazione a procedere con allenamenti più intensi ed eventualmente a ritornare ad un'attività sportiva completa (22).

Molti autori si sono espressi con le loro ricerche in questa direzione e, facendo una sintesi dei risultati, si possono così riassumere gli outcomes (22) che è necessario raggiungere per poter tornare all'attività sportiva:

- completa motilità articolare,
- almeno l'85% della forza (quadricipite e ischiocrurali) rispetto al controlaterale,
- non più del 15% di deficit nel rapporto tra la forza degli ischiocrurali e del quadricipite,
- assenza di dolore o gonfiore in attività sport-specifiche
- stabilità del ginocchio in situazioni funzionali e attive.

2.4 Rate of Force Development (RFD)

Il RFD (Rate of Force Development) è un termine usato per descrivere la capacità neuromuscolare di sviluppare rapidamente forza muscolare e in un test isometrico si identifica con la pendenza della curva forza/tempo del grafico (1). Il RFD è influenzato da fattori diversi che agiscono differentemente a seconda che ci si trovi nella fase iniziale (<100 ms) o nella fase tardiva (>200 ms) della contrazione muscolare isometrica (2). La fase iniziale è influenzata dalle proprietà contrattili intrinseche del muscolo e dalla qualità ed efficacia della conduzione nervosa (4)(15), mentre la fase tardiva risente dell'area della sezione muscolare trasversa (30), della conduzione nervosa (1) e della stiffness del complesso tendine-aponeurosi (10).

Per quanto concerne le modalità con cui poter aumentare i livelli di RFD sono stati condotti studi con lo scopo di analizzare gli effetti di diversi tipi di allenamento e si è osservato come sostanziali miglioramenti si possono ottenere sia utilizzando protocolli di training di resistenza tradizionali sia proponendo training di forza esplosiva o isometrica. Nel 2012 Tillin et al. hanno dimostrato però come un training isometrico di forza esplosiva dia risultati migliori in virtù della capacità di determinare un aumento sia dei valori della fase iniziale sia dei valori della fase tardiva del RFD (31).

I valori di RFD assumono un importante significato funzionale quando si considera la contrazione muscolare eseguita ad alte intensità e velocità. Per fare un esempio, movimenti rapidi come quelli richiesti nello sprint running, nel karate, nella box, ma anche in molte attività quotidiane richiedono tempi di contrazione solitamente tra i 50 – 250 ms, mentre per raggiungere livelli di forza massimali la maggior parte dei muscoli umani necessita di tempi più lunghi (es. flessori di gomito e estensori di ginocchio > 300ms) (1). Quindi durante i movimenti veloci il più breve tempo di contrazione non permette di raggiungere la massima forza muscolare e di conseguenza il RFD diventa un più importante descrittore della funzionalità muscolare rispetto al solo dato della forza massimale (1)(5).

Nella riabilitazione ortopedica ove l'aspetto neuromuscolare non viene considerato appieno e dove la forza muscolare rappresenta uno dei parametri di outcome di elezione, ciò suddetto potrebbe assumere quindi una grande rilevanza ed in questa direzione uno studio pubblicato da Angelozzi et al. (5) ha dimostrato che il RFD dovrebbe essere un parametro da considerare per la valutazione post-chirurgica del ginocchio operato di ricostruzione di LCA per determinare il recupero e la prontezza del soggetto a ritornare allo sport.

2.5 Fattori psicologici che possono condizionare gli outcomes

Molti dei fattori che possono influenzare il rischio di re-infortunio dopo il rientro all'attività sportiva sono stati descritti e tra questi figurano l'età (più il soggetto è giovane e più alto è il rischio), il sesso (le femmine hanno livelli di rischio più elevati), il tipo di innesto (l'utilizzo di allograft si associa a rischi maggiori) e il controllo neuromuscolare (alterazioni di questo sistema sono predittive per il re-infortunio dopo il rientro all'attività) (22).

Un'importante considerazione riguardante i fattori che possono influenzare gli outcomes dei pazienti nella riabilitazione deve essere però fatta anche per quanto concerne i tratti psicologici e le risposte comportamentali conseguenti all'infortunio e al dolore (22).

Nonostante i progressi nelle tecniche di operazione del LCA e nelle procedure riabilitative, ad oggi, i 2/3 degli atleti che si sottopongono alla ricostruzione chirurgica del LCA o non riprende l'attività sportiva o non ritorna ai livelli sportivi precedenti l'infortunio (8)(15). Negli anni infatti i ricercatori hanno evidenziato come la paura di

rifarsi male sia la più comune ragione che determina l'incapacità dei pazienti di raggiungere i livelli sportivi prestazionali precedenti all'infortunio (6)(7). Attualmente, nella pratica clinica, le scale validate e disponibili per valutare i fattori psicologici associati ad una rottura del LCA sono: l'*Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport After Injury scale (ACL-RSI)*, la *Knee Self-Efficacy Scale*, la *Tampa Scale of Kinesiophobia*, la *Emotional Responses of Athletes to Injury Questionnaire* e la *Sport Rehabilitation Locus of Control Scale* (22). Di queste elencate, l'unica validata in lingua italiana risulta essere la Tampa Scale of Kinesiophobia (20), ma quella che è risultata essere la miglior predittrice del ritorno ai livelli sportivi precedenti all'infortunio a 12 mesi dalla ricostruzione è la ACL-RSI (7).

In una recente revisione sistematica di Everhart e associati (12) è stato notato che le misure di autoefficacia, motivazione intrinseca e ottimismo sono predittive per la compliance nella riabilitazione, per il ritorno allo sport e per l'autopercezione della funzione del ginocchio. Nello specifico l'autoefficacia rappresenta il più importante fattore psicologico che influenza gli outcomes di una ricostruzione di LCA. In questa direzione sono state trovate associazioni importanti tra i punteggi di autoefficacia negli esercizi riabilitativi e i miglioramenti nel dolore al ginocchio, mentre punteggi elevati di autoefficacia combinati con bassi punteggi kinesiophobia è stato evidenziato che siano correlati con una funzionalità del ginocchio migliore (6)(22).

Capitolo 3: Materiali e metodi

3.1 Campione

La popolazione oggetto dello studio ha compreso soggetti operati per lesione del LCA che avevano concluso il ciclo riabilitativo ordinario di 6 mesi e che non avevano superato i 12 mesi post-intervento. Inoltre questi soggetti avevano sottoscritto i moduli per il consenso allo studio e al trattamento dei dati personali.

Tutti i soggetti reclutati dovevano essere stati operati in artroscopia di ginocchio mediante impianto autologo, eseguito con il tendine dei muscoli semitendinoso e gracile, per lesione del LCA e dovevano aver concluso il ciclo riabilitativo ordinario di 6 mesi. In aggiunta, per essere reclutati allo studio, i soggetti non dovevano avere una storia di precedenti operazioni al ginocchio o di altri severi infortuni dello stesso distretto, non dovevano avere deficit neurologici e non dovevano aver superato i 12 mesi post intervento.

Sono stati contattati 9 pazienti di cui 7 hanno risposto ai criteri di inclusione ed esclusione. Il campione così formato si è composto di 4 maschi e 3 femmine che avevano un'età media di 20 anni.

3.2 Misure degli outcomes

Ad ogni paziente sono state valutate la kinesiophobia, il RFD estensorio del quadricipite e le performance nello Step-Down Test e nel Crossover-Hop Test.

Per determinare il valore di kinesiophobia è stata utilizzata la Tampa Scale of Kinesiophobia nella versione italiana validata da Monticone et al. (20). I risultati totali raccolti sono stati suddivisi nelle due sottoscale TSK1 (evitamento delle attività) e TSK2 (considerazione psico-somatica). Inoltre, dal momento che questa versione della scala è composta da 13 item (l'originale ne ha 17) e non prevede un cut-off, per il nostro studio si è scelto di fare una proporzione arbitraria con la versione originale in lingua inglese (in cui il cut-off è a 37 pt.) stabilendo il cut-off a 28 pt. Quindi punteggi uguali o al di sopra di questo valore erano considerati kinesiofobici, mentre i punteggi inferiori erano valutati come non kinesiofobici.

Per misurare l'RFD è stato eseguito un test di forza isometrico compiuto con il macchinario isocinetico Biodex System 3. La massima contrazione isometrica del quadricipite è stata ottenuta durante un'estensione statica del ginocchio fissato ad un

angolo di flessione di 70° (1). Successivamente i valori di RFD sono stati derivati calcolando il rapporto tra la forza sviluppata ed il tempo trascorso negli intervalli 0 – 30; 0 – 50, 0 – 100 e 0 – 200 ms. (1)

Lo Step-Down Test è stato filmato e successivamente analizzato con il software per l'analisi video Kinovea (13) per svolgere la valutazione qualitativa eseguita seguendo la scala a 6 items descritta da Piva et al. (28) Gli items valutati erano così suddivisi:

- *strategia di AASS*: 0 pt se eseguito correttamente; 1 pt se le mani vengono tolte dal fianco,
- *allineamento del tronco*: 0 pt se allineato; 1 pt se disallineamenti in qualsiasi direzione,
- *allineamento pelvi*: 0 pt se allineata; 1 pt se perdita di allineamento sul piano frontale,
- *posizione del ginocchio*: 0 pt se prolungamento tuberosità tibiale compreso tra II e III dito del piede; 1 pt se prolungamento mediale al margine mediale del II dito; 2 pt se prolungamento mediale al margine mediale del piede,
- *posizione stabile*: 0 pt se mantenuta, 1 pt se il soggetto saltava giù dalla step durante l'esecuzione del test o non si poteva testare l'arto o il piede oscillava continuamente tra la pronazione e la supinazione.

Alla somma totale dei punteggi veniva poi dato un giudizio qualitativo (28) osservando le seguenti indicazioni:

- 0-1: buono
- 2-3: moderato
- 4-5: povero

Infine, il Crossover-Hop Test è stato valutato quantitativamente mediante misurazione centimetrica.

3.3 Procedure

Il primo passo è stato ottenere l'autorizzazione ad accedere alla documentazione dei pazienti operati presso l'Azienda ULSS 7 – Pieve di Soligo e potenzialmente eleggibili per lo studio. La successiva ricerca dei pazienti è stata eseguita consultando le liste operatorie dei presidi ospedalieri di Conegliano e Vittorio Veneto. Tutti i soggetti che, in un intervallo di tempo compreso tra settembre 2015 e marzo 2016, avevano eseguito

un intervento di riparazione in artroscopia con STG sono stati contattati telefonicamente per ottenere la disponibilità a partecipare allo studio. Tutti i soggetti contattati si sono prestati a partecipare e ad ognuno di loro è stato inviato un questionario online con lo scopo di verificare i criteri di inclusione e di esclusione. Dei 9 pazienti contattati 7 sono risultati idonei.

Tutte le misurazioni degli outcomes sono state effettuate in un'unica giornata predisposta alle valutazioni presso il centro di riabilitazione Kinè di Conegliano. Il giorno delle valutazioni ad ogni paziente è stata presentata la richiesta di autorizzazione che prevedeva la sottoscrizione dei moduli per il consenso informato e per il trattamento dei dati personali.

Modalità di somministrazione della Tampa Scale of Kinesiophobia

Ad ogni soggetto, dopo aver sottoscritto i moduli del consenso informato, è stata somministrata la Tampa Scale e gli sono state spiegate le istruzioni per compilarla sottolineando il fatto che non esistevano dei valori corretti o errati, ma doveva rispondere nella maniera più sincera e che meglio rifletteva la sua condizione.

Conclusa la compilazione del questionario i pazienti hanno realizzato un warm-up di 10 min su cyclette al quale è seguito il test isometrico.

Modalità esecuzione test isometrico

Il test isometrico è stato eseguito per entrambi gli arti e si è composto di 3 contrazioni massimali consecutive della durata di 5 secondi tra le quali è intercorso un tempo di riposo di 10 secondi. L'arto sano è sempre stato testato per primo. L'angolo di flessione a cui veniva testato il ginocchio era di 70° (1) e tale angolazione veniva impostata nel software del Biodex System 3 che poi la riproduceva automaticamente per tutti i pazienti. Prima di eseguire il test a tutti i soggetti è stata fatta prendere conoscenza con il macchinario mediante l'esecuzione di tre prove preliminari. Inoltre, prima di iniziare la misurazione, tutti i pazienti sono stati attentamente istruiti a contrarre "il più velocemente ed il più forte possibile" (1)(18) e ad ognuno, durante le prove e attraverso il monitor del computer, è stato dato un feedback visivo della forza istantanea sviluppata. Per la misurazione del RFD è stata infine utilizzata la prova migliore delle tre svolte per ogni arto e il RFD è stato calcolato negli intervalli 0 – 30; 0 – 50, 0 – 100 e 0 – 200 ms (1). Una volta determinato, è stato effettuato anche il rapporto tra i valori dell'arto lesa e dell'arto sano per quantificare la percentuale di deficit.

Modalità esecuzione Step-Down Test

Lo Step-Down Test consisteva in uno squat monopodalico effettuato sopra uno step la cui altezza era di 20 cm. Ogni test è stato svolto per entrambi gli arti ed in un numero totale di tre prove per lato di cui, per il nostro studio, è stata tenuta in considerazione solo la prova migliore. Le uniche indicazioni che sono state date al soggetto riguardavano la posizione di partenza e la fase di contatto al terreno. La posizione di partenza prevedeva che il paziente stesse in equilibrio sullo step con le mani sui fianchi e lo sguardo fisso avanti, mentre per la fase di contatto ogni soggetto è stato istruito a toccare il suolo con il solo tallone senza dare mai carico. Prima dell'esecuzione di ogni test sono state fatte svolgere tre prove preliminari e successivamente ogni prova è stata filmata per essere poi valutata qualitativamente mediante l'impiego del software per l'analisi video Kinovea (14) e nelle modalità descritte nel capitolo 3.2.

Modalità esecuzione Crossover-Hop Test

Il Crossover-Hop Test si componeva di tre salti monopodalici consecutivi con i quali, ad ogni balzo, il paziente doveva oltrepassare una linea sul pavimento posta longitudinalmente di fronte a sé. La linea era lunga 6 metri e ad ogni metro era posta una linea perpendicolare al segno centrale. L'obiettivo dato ai pazienti era quello di ottenere la distanza maggiore compiendo tre salti. Anche in questo caso il test è stato eseguito per entrambi gli arti, in un numero di 3 prove per arto e prima di ogni prova sono state effettuate tre prove preliminari. Ai fini dello studio è stata considerata la distanza maggiore ottenuta nei tre salti.

L'esecuzione del test è stata fatta a piedi nudi e tutti i soggetti sono stati adeguatamente istruiti sulle modalità di partenza e di atterraggio di ogni salto. La posizione di partenza doveva essere in carico monopodalico sull'arto da testare e con la punta del piede a ridosso della linea ortogonale corrispondente allo 0; mentre, per quanto concerne l'atterraggio, nella fase di contatto a terra non dovevano essere compiuti dei "saltini" correttivi.

Infine tutti i dati così raccolti sono stati inseriti in una tabella Excel in cui al nome di ogni paziente è stato associato un codice identificatore aleatorio.

3.4 Analisi statistica

L'analisi statistica è stata condotta da uno statistico non coinvolto né con il processo chirurgico né con il processo riabilitativo.

Attraverso un modello di regressione lineare è stata indagata la possibile correlazione presente tra i rapporti RFD arto lesa/RFD arto sano nei vari intervalli considerati, i punteggi della Tampa Scale e dei test funzionali. La stessa ricerca è stata effettuata utilizzando come variabile di interesse i soli valori di RFD dell'arto lesa.

Utilizzando i coefficienti del modello di regressione appena descritto è stato calcolato anche un intervallo di previsione adoperando la distribuzione t-Student per verificare se i valori del rapporto RFD arto lesa/RFD arto sano potevano essere predetti utilizzando gli altri test eseguiti nello studio (Tampa Scale, test funzionali).

Infine è stata calcolata la semiampiezza asintotica degli intervalli di previsione precedentemente definiti per verificare come si sarebbero modificate le ampiezze degli intervalli considerando un campione tendente ad infinito di pazienti, nell'ipotesi che questi soggetti si comportassero allo stesso modo di quelli reclutati per lo studio.

Capitolo 4: Risultati dello studio

Il campione analizzato ha ottenuto un punteggio medio alla Tampa Scale di 28 ± 6 . Nelle sottoscale TSK1 (evitamento delle attività) e TSK2 (considerazione psico-somatica) i valori medi calcolati sono stati pari a: 12 ± 3 e 16 ± 3 . Considerando maschi e femmine separatamente, gli score medi sono stati invece 31 ± 6 per i maschi e 24 ± 3 per le femmine, mentre nelle due sottoscale i maschi hanno ottenuto 14 ± 3 nella TSK1 e 17 ± 4 nella TSK2 e i punteggi delle femmine sono stati rispettivamente 10 ± 3 e 14 ± 3 (Vedi tabella 1).

	Tot	TSK1	TSK2
Campione intero	28 ± 6	12 ± 3	16 ± 3
Maschi	31 ± 6	14 ± 3	10 ± 3
Femmine	24 ± 3	17 ± 4	14 ± 3

Tabella 1: Punteggi medi ottenuti dal campione oggetto di studio nella Tampa Scale

Per quanto riguarda il RFD dell'arto sano i valori medi ottenuti negli intervalli 0 – 30; 0 – 50; 0 – 100 e 0 – 200 ms sono stati rispettivamente 1.943 ± 1.256 ; 1.742 ± 1.118 ; 1.222 ± 0.595 e 0.792 ± 0.338 mentre considerando i dati relativi al RFD dell'arto lesa, negli stessi intervalli, sono stati ottenuti rispettivamente i seguenti valori medi: $RFD_{30} 1285 \pm 675$; $RFD_{50} 1046 \pm 630$; $RFD_{100} 833 \pm 474$ e $RFD_{200} 563 \pm 285$. I valori medi totali dei RFD misurati per l'arto sano e l'arto operato sono stati, nell'ordine, pari a 1425 ± 971 e 932 ± 575 .

Infine, calcolando la percentuale di deficit di RFD dell'arto operato rispetto all'arto sano, negli intervalli esaminati si sono conseguiti i seguenti valori medi: $RFD_{30} 66,1\% \pm 69,1$; $RFD_{50} 60,0\% \pm 48,5$; $RFD_{100} 68,1\% \pm 47,9$ e $RFD_{200} 71,1\% \pm 40,8$. Il deficit di RFD totale medio dell'arto lesa rispetto al sano è stato misurato essere pari a $66,3\% \pm 49,9$.

Il modello di regressione lineare utilizzato per indagare la correlazione esistente tra i valori del rapporto “RFD arto lesa/RFD arto sano”, nei vari intervalli di tempo, e le variabili esplicative Tampa Scale, Step-Down Test e Crossover-Hop Test ha dato dei p_{value} significativi (<0.05) nel caso del rapporto del RFD_{50} ($p_{value} 0,02$) e del RFD_{200} ($p_{value} 0,01$). Nel caso dei modelli di regressione dei rapporti RFD_{30} e RFD_{100} i

p_{value} ottenuti sono stati rispettivamente di 0,11 e 0,10 e non sono stati quindi considerati significativi per lo studio (Vedi tabella 2).

Come descritto nel capitolo precedente lo stesso modello di regressione lineare è stato impiegato per verificare anche la correlazione esistente tra i valori assoluti di RFD dell'arto operato, nei vari intervalli di tempo, e le variabili esplicative Tampa Scale, Step-Down Test e Crossover-Hop test. In questo caso i p_{value} dei modelli sono risultati essere molto elevati ($> 0,1$) e quindi non sono stati considerati significativi per lo studio. Il calcolo dei valori di R^2 dei modelli di regressione effettuati per i rapporti di RFD sono risultati essere molto alti in tutti i casi ($>0,9$) mentre i coefficienti di R^2 dei modelli eseguiti sui valori assoluti di RFD dell'arto lesa si sono dimostrati relativamente bassi ($0,2 < R^2 < 0,8$) (Vedi tabella 3).

	RFD₃₀	RFD₅₀	RFD₁₀₀	RFD₂₀₀	Media RFD_{tot}
Arto sano	1.943 ± 1.256	1.742 ± 1118	1.222 ± 595	792 ± 338	1425 ± 971
Arto lesa	1285 ± 675	1046 ± 630	833 ± 474	563 ± 285	932 ± 575
Rapporto lesa/sano (%)	66,1% ± 69,1	60,0% ± 48,5	68,1% ± 47,9	71,1% ± 40,8	66,3% ± 49,9

Tabella 2: Nella tabella sono riportati i valori medi totali del RFD relativo all'arto sano e all'arto operato, i valori medi del RFD calcolati negli intervalli 0-30; 0-50; 0-100; 0-200 ms relativi all'arto sano e all'arto operato e i valori medi del rapporto sano/operato del RFD calcolato negli intervalli descritti precedentemente.

	Modello regressione rap. RFD				Modello regressione RFD arto lesa			
	<i>RFD₃₀</i>	<i>RFD₅₀</i>	<i>RFD₁₀₀</i>	<i>RFD₂₀₀</i>	<i>RFD₃₀</i>	<i>RFD₅₀</i>	<i>RFD₁₀₀</i>	<i>RFD₂₀₀</i>
p_{value}	0.11	0.02	0.10	0.01	0.93	0.43	0.72	0.46
R^2	0.93	0.98	0.94	0.99	0.25	0.75	0.52	0.72

Tabella 3: Nella tabella sono riportati i valori di p -value e di R^2 relativi ai modelli di regressione utilizzati per verificare la correlazione presente tra i rapporti di RFD e le variabili di interesse e i valori assoluti di RFD relativi all'arto lesa e le variabili di interesse.

I calcoli degli intervalli di previsione, eseguiti adoperando la distribuzione t-Student, hanno dato degli intervalli di confidenza (IC) al 95% e al 99% molto ampi in tutti i modelli analizzati. Addirittura, nel caso di entrambi gli intervalli relativi al rapporto RFD₃₀ e RFD₁₀₀ e all'IC 99% del rapporto RFD₅₀ gli estremi inferiori dell'intervallo hanno assunto valori negativi. Ciò ha significato quanto il modello fosse impreciso nella previsione dei rapporti di RFD conoscendo le altre variabili di interesse (Vedi tabella 4). Le previsioni sono state calcolate su un soggetto medio che aveva ottenuto in ciascuna delle variabili esplicative un punteggio corrispondente alla media dei punteggi del nostro campione. Questo è stato fatto perché l'intervallo di previsione, dato un certo livello di significatività, è più largo se ci si allontana dalla media ed è più stretto in prossimità della media.

Per concludere, infine, è stata calcolata la semiampiezza asintotica degli intervalli di previsione precedentemente definiti per verificare come si sarebbero modificati considerando un campione tendente ad infinito di pazienti. I risultati ottenuti sono stati ordinati all'interno della tabella 5.

	I.C. 95%			I.C. 99%		
	<i>Fit</i>	<i>Lwr</i>	<i>Upr</i>	<i>Fit</i>	<i>Lwr</i>	<i>Upr</i>
Rap RFD₃₀	0.94	-0.41	2.30	0.94	-2.17	4.05
Rap RFD₅₀	0.79	0.39	1.19	0.79	-0.12	1.71
Rap RFD₁₀₀	0.84	-0.02	1.71	0.84	-1.16	2.85
Rap RFD₂₀₀	0.82	0.58	1.06	0.82	0.27	1.38

Tabella 4: Nella tabella sono riportati i valori puntuali e gli estremi degli intervalli di confidenza al 95% e al 99%.

	Semiampiezza I.C. 95%	Semiampiezza I.C. 99%
Rap RFD₃₀	0.17	0.23
Rap RFD₅₀	0.05	0.06
Rap RFD₁₀₀	0.11	0.15
Rap RFD₂₀₀	0.03	0.04

Tabella 5: Nella tabella è stato riportato come si modificherebbero le semiampiezze degli intervalli di confidenza al 95% e 99% se si considerasse un campione di persone tendente ad infinito e che manifesta un comportamento uguale al campione oggetto dello studio.

Discussione

Con questo studio abbiamo voluto verificare se, in soggetti con esiti di ricostruzione chirurgica del LCA, esistesse una correlazione tra i valori di RFD, la kinesiofobia riferita e le performance nei test funzionali dello Step-Down Test e del Crossover-Hop Test; si è voluto indagare quindi se fosse possibile prevedere in maniera indiretta e con un significativo grado di precisione il RFD mediante l'analisi della kinesiofobia e delle performance nei test funzionali senza l'utilizzo dei macchinari isocinetici.

Dai nostri risultati è emerso che i modelli di regressione eseguiti sui rapporti di RFD hanno dato dei valori p_{value} molto bassi per i rapporti di RFD₅₀ e RFD₂₀₀ e ciò ha indicato che è ragionevole pensare che, con un livello di significatività del 95%, vi sia una significativa correlazione tra la Tampa Scale, i due test funzionali esaminati e il rapporto leso/sano di RFD.

Per quanto riguarda i valori del coefficiente di determinazione R^2 , eseguiti sugli stessi modelli di regressione dei rapporti, i risultati ottenuti sono stati molto alti. Questo sta ad indicare che il nostro modello di regressione approssimava molto bene la distribuzione delle nostre 7 osservazioni e quindi i risultati descritti prima hanno una significativa attendibilità. Va detto però che, se anche i risultati sono stati apparentemente molto soddisfacenti, ciò non deve fuorviare perché i valori di R^2 così elevati sono molto probabilmente legati al fatto che avevamo 5 coefficienti stimati (TSK1, TSK2, rapporto RFD, Step-Down Test e Crossover-Hop test) e solo 7 unità statistiche. Per spiegare meglio questo concetto prendiamo come esempio l'ipotesi limite che avessimo avuto 5 coefficienti stimati e 5 unità statistiche. In questo caso i valori di R^2 sarebbero stati pari a 1 e, anche se nella teoria ciò avrebbe significato che il nostro era un modello perfetto, nella pratica ciò non avrebbe avuto nessuna rilevanza perché, essendo che ad ogni coefficiente corrispondeva un'unità statistica, per forza di cose il risultato del rapporto (R^2) sarebbe stato uguale a 1. È quindi ragionevole pensare che se gli stessi calcoli e gli stessi modelli venissero applicati per un campione di pazienti più ampio i valori di R^2 potrebbero diminuire.

Invece, per quanto concerne i valori assoluti di RFD dell'arto leso nei vari intervalli di tempo considerati (0 – 30; 0 – 50; 0 – 100; 0 – 200), i modelli di regressione non hanno dato dei p_{value} significativi in nessun caso, indicando quindi che è plausibile pensare che non esista alcuna correlazione tra RFD, Tampa Scale, Step-Down Test e Crossover-Hop Test. I valori di R^2 ottenuti sono stati relativamente bassi ed il fatto che, nonostante

le pochissime unità statistiche, i risultati siano stati così deboli è un indicatore che i modelli di regressione lineare in questa situazione non approssimavano bene la distribuzione di questo campione.

Come descritto precedentemente è stata trovata una correlazione significativa tra i rapporti lesio/sano di RFD₅₀ e RFD₂₀₀ e, dal momento che questa correlazione non è stata viceversa evidenziata nei valori assoluti di RFD dell'arto lesio, abbiamo quindi verificato se fosse possibile predire solamente i valori dei rapporti di RFD conoscendo le altre variabili. Per effettuare questi calcoli si è partiti dall'ipotesi che il nostro campione bene rappresentasse la popolazione reale, caratterizzata, come noto, da una grande variabilità intrinseca. I risultati che sono stati ottenuti hanno dato degli intervalli di previsione molto ampi indicando quindi come con il nostro campione non fosse possibile stimare con un buon livello di precisione l'entità del deficit del RFD dell'arto lesio rispetto al sano utilizzando la Tampa Scale, lo Step-Down Test e il Crossover-Hop Test. A sostegno di ciò, in alcuni casi, l'estremo inferiore dell'intervallo ha assunto addirittura un valore negativo. Ovviamente dal punto di vista pratico un estremo inferiore negativo non ha alcun significato, ma dal punto di vista teorico ha rappresentato l'ulteriore conferma di quanto il modello utilizzato fosse impreciso nella previsione dei rapporti lesio/sano di RFD. In altre parole, con il nostro campione, i test utilizzati non sono bastati da soli a dare delle informazioni che ci permettessero di prevedere il valore del rapporto di RFD con un buon grado di precisione, implicando quindi la necessità di continuare ad utilizzare il macchinario isocinetico per la determinazione precisa.

Però, considerando sempre le ampiezze degli intervalli di previsione, va detto che le dimensioni sono state sicuramente condizionate dalla piccolezza del campione reclutato per lo studio ed è quindi ragionevole pensare che con un maggior numero di pazienti gli intervalli possano rimpicciolirsi. Per cercare di dimostrare quest'idea è stata calcolata la semiampiezza asintotica degli intervalli, ovvero la semiampiezza dell'intervallo di previsione che si otterrebbe con un numero enorme di pazienti, in modo da vedere quanto più precisa sarebbe diventata la nostra stima del RFD (attraverso l'analisi dei risultati della Tampa Scale e dei test funzionali) con un campione molto più numeroso. Purtroppo non è stato possibile calcolare statisticamente quanti pazienti fossero necessari per ottenere questo risultato perché esso è molto influenzato dalla variabilità intrinseca dei soggetti componenti il campione e quindi dipende molto dalle loro caratteristiche personali (es. composizione fibre muscolari; architettura e dimensioni

muscolari; stiffness unità muscolo-tendinea; sesso) (18). Abbiamo considerato quindi un campione di pazienti tendente ad infinito con il presupposto che questi soggetti avessero lo stesso comportamento di quelli valutati nello studio. I risultati che abbiamo ottenuto (vedi tabella 5) hanno definito quali sarebbero state le dimensioni minime (e limite) degli intervalli di previsione ed hanno dimostrato che effettivamente, con numeri più elevati di pazienti, le dimensioni di questi intervalli si riducono.

In questo senso i risultati migliori (come nel caso delle correlazioni) sono stati ottenuti nel caso dei rapporti di RFD₅₀ e RFD₂₀₀. In quest'ultimo caso si è giunti a definire un intervallo di previsione al 95% che aveva un'ampiezza di 0,06 e un intervallo di previsione al 99% che aveva un'ampiezza pari a 0,08. Questo significa che con una probabilità del 95% e del 99% è ragionevole pensare che il valore puntuale del rapporto lesio/sano di RFD₂₀₀ (il valore di 0.82 indicato sotto la voce "Fit" nella Tabella 4) si trovi compreso in un intervallo di previsione con estremi rispettivamente di 0,76 – 0,88 e 0,74 – 0,90. Ciò sta ad indicare che con una probabilità del 95% e del 99% il deficit di RFD dell'arto lesio rispetto al sano può essere stimato con un buon grado di precisione senza utilizzare il macchinario isocinetico ed impiegando invece in maniera congiunta la Tampa Scale, lo Step-Down Test e il Crossover-Hop Test. Come riportato precedentemente, considerazioni e risultati analoghi sono stati raggiunti prendendo in considerazione anche il rapporto di RFD₅₀ dove le semiampiezze calcolate, seppur più grandi rispetto a quelle del RFD₂₀₀, sono state lo stesso molto piccole e hanno dato dei valori pari a 0.05 per l'intervallo al 95% e 0.06 per l'intervallo al 99%.

Degni di nota sono stati anche i risultati relativi ai rapporti di RFD₃₀ e RFD₁₀₀ dove le semiampiezze calcolate per un campione tendente ad infinito di pazienti sono risultate lo stesso troppo ampie (vedi tabella 5) confermando così che, in questa situazione, i tre test impiegati nello studio non sono sufficienti da soli per stimare con un buon livello di precisione il rapporto di RFD senza utilizzare il macchinario isocinetico. È interessante mettere in luce come queste rilevazioni siano in linea con la non correlazione evidenziata tra i rapporti di RFD₃₀ e RFD₁₀₀ e la Tampa Scale, lo Step-Down Test e il Crossover-Hop Test.

Limiti dello studio

Come già accennato precedentemente nella discussione, uno dei principali limiti dello studio è stato rappresentato dalle ridottissime dimensioni del campione di pazienti reclutato anche se, per contro, non è stato possibile stimare un numero di pazienti ideale

con cui condurre la nostra ricerca. Ciò è strettamente legato alla variabilità interna tra le persone e quindi è stato ipotizzato che se fossero state considerate più variabili (es. sesso) il modello utilizzato sarebbe risultato più sicuro e rappresentativo della popolazione reale.

Un altro limite dello studio ha riguardato la non differenziazione tra i sessi durante l'analisi dei risultati. È assodato che ci siano delle differenze tra i maschi e le femmine (strutturali, fisiologiche, ormonali ecc.) ed è inoltre ben descritto in letteratura come le donne abbiano una maggior incidenza di lesioni non da contatto del LCA (24). Nonostante ciò però, avendo pochi dati a disposizione, non è stato purtroppo possibile analizzare la distribuzione dei valori di RFD dei maschi e delle femmine in relazione alla Tampa Scale, lo Step-Down Test ed il Crossover-Hop Test perché, per verificare questa correlazione, avremmo dovuto avere come minimo 6 maschi e 6 femmine nel nostro campione.

Nella nostra ricerca, sia per il RFD, sia per i due test funzionali, abbiamo sempre utilizzato come riferimento l'arto sano e ciò ha raffigurato un altro limite del nostro studio. Infatti un lavoro condotto da Mirkov et al. (19) ha indicato come l'intervento di riparazione del LCA influenzi anche le proprietà neurali e contrattili dell'arto non coinvolto determinando così una perdita sia della forza esplosiva sia della forza massimale. Alla luce di quest'evidenza sarebbe stato opportuno utilizzare i valori preinfortunio (5) (18) come riferimenti per l'analisi statistica.

Dal punto di vista metodologico un solo operatore ha svolto tutte le misurazioni e sempre lo stesso operatore ha successivamente svolto, per ogni paziente, l'analisi video dello Step-Down Test e i calcoli di RFD. Questo potrebbe aver condizionato soprattutto l'analisi video e sarebbe stato quindi auspicabile che tale valutazione fosse fatta possibilmente da più operatori (per esempio 3) in cieco rispetto allo studio.

Per quanto riguarda lo studio statistico, l'impiego della t-Student come strumento per l'analisi statistica ha rappresentato un altro limite. Infatti la t-Student solitamente viene utilizzata quando le variabili indagate hanno una distribuzione ben approssimabile con una distribuzione normale, ma se la numerosità campionaria è sufficientemente alta (almeno 30 pazienti) essa può funzionare anche con variabili che, come nel caso del RFD, non sono normali, in virtù del teorema del limite centrale. Quindi nel nostro studio, costruito su un campione di 7 soggetti, i calcoli riguardanti l'intervallo di previsione sarebbero stati più significativi se le unità statistiche fossero state almeno 30.

Per concludere ci sono stati dei limiti imposti dal macchinario isocinetico utilizzato (Biodex System 3) che per questo motivo non potevano essere superati. Infatti una review condotta da Maffiuletti et al (18) ha consigliato l'utilizzo di macchinari isocinetici costruiti su misura a scapito dei macchinari commerciali in virtù del fatto che quest'ultimi, per migliorare la compliance dei pazienti, adottano componenti non rigide, come ad esempio gli straps delle cavigliere o la morbidezza stessa delle cavigliere utilizzate per fissare gli arti inferiori al braccio meccanico del macchinario, che potrebbero non mantenere adeguatamente i corretti gradi articolari e quindi anche nel nostro studio potrebbero aver influenzato il ROM a cui è stato testato il ginocchio.

Conclusioni

Questi risultati hanno evidenziato che esiste una forte correlazione tra i deficit di RFD₅₀ e RFD₂₀₀ dell'arto lesa rispetto al sano, la Tampa Scale e i due test funzionali. Per di più questo studio ha suggerito come, con questo campione, non sia possibile prevedere con un buon grado di precisione i valori del deficit di RFD dell'arto lesa rispetto al sano attraverso l'impiego congiunto della Tampa Scale e dei test funzionali. È stato confermato così che l'impiego del macchinario isocinetico per la determinazione del RFD continua a rimanere necessario.

Nonostante ciò, la buona precisione con cui si è riusciti a stimare il valore del rapporto di RFD₅₀ e RFD₂₀₀ ipotizzando di avere un campione tendente ad infinito di pazienti lascia presupporre che la predizione molto precisa dell'entità del deficit di RFD dell'arto lesa rispetto al sano sia un'inferenza possibile da ottenere nella pratica clinica. Per questo motivo tale aspetto dovrà essere indagato con successivi studi che prendano in considerazione un campione più ampio e meglio rappresentativo della grande variabilità intrinseca caratterizzante la popolazione reale.

Inoltre, dal momento che, come detto, è emersa una forte correlazione tra i rapporti di RFD₅₀ e RFD₂₀₀, Tampa Scale e test funzionali, sarebbe interessante osservare distintamente maschi e femmine, sempre con un campione più grande, per capire sia se esiste una differenza di risultati imputabile al sesso, sia se considerando separatamente maschi e femmine possiamo avere intervalli di previsione meno ampi.

In aggiunta a quanto suddetto, sarebbe opportuno condurre ulteriori studi per indagare cosa determini la differenza netta riscontrata tra i rapporti di RFD₅₀ e RFD₂₀₀ con i rapporti di RFD₃₀ e RFD₁₀₀ considerato che quest'ultimi, contrariamente ai primi, non hanno manifestato alcuna significativa correlazione con i test indagati e non è stato possibile nemmeno stimarli con un buon livello di precisione conoscendo le altre variabili ed ipotizzando di avere un campione tendente ad infinito.

Bibliografia

1. Aagaard P., Simonsen E.B., Aandersen J.L., Magnusson P., Poulsen P.D. (2002), "*Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training*", Journal of Applied Physiology, Vol 93, pag. 1318 – 1326.
2. Aagaard P., Andersen L.L., (2006) "*Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development*", Journal of Applied Physiology, Vol 96, pag. 46 – 52.
3. Acevedo R.J., Rivera-Vega A., Miranda G., Micheo W. (2014) "*Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies*", The American College of Sports Medicine, Vol 13, pag. 186 – 191.
4. Andersen LL, Andersen JL, Zebis MK, Aagaard P. (2010), "*Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training?*", Scandinavian Journal of Medical Sciences Sports, Vol 20, pag. 162 – 169.
5. Angelozzi M., Madama M., Corsica C., Calvisi V., Properzi G., McCaw S.T., Cacchio A. (2012), "*Rate of Force Development as an adjunctive outcome measure for return-to-sport after anterior cruciate ligament reconstruction*", Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy, Vol 9, pag. 772 – 780.
6. Ardern C.L., Taylor N.F., Feller J.A., Whitehead T.S., Webster K.E. (2013) "*Psychological responses matter in returning to preinjury level of sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery*", The American Journal of Sports Medicine, Vol. 41, pag. 1549 – 1558.
7. Ardern C., Osterberg A., Tagesson S., Gauffin S., Webster K., Kvist J. (2014) "*The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction*", British Journal of Sports Medicine, Vol 48, pag. 1613 – 1619.

8. Ardern C., Taylor N., Feller J., Webster J. (2014) *“Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors”*, British Journal of Sports Medicine, Vol 48, pag. 1543 – 1552.
9. Benjaminse A., Gookeler A., van der Schans C.P. (2006), *“Clinical Diagnosis of an Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Meta-analysis”*, Journal of Orthopaedics & Sports Physical Therapy, Vol 36, pag. 267 – 288.
10. Bojsen-Moller J., Magnusson S.P., Rasmussen L.R., Kjaer M., Aagaard P. (2005), *“Muscle performance and dynamic contractions is influenced by stiffness of the tendinous structures”*, Journal of Applied Physiology, Vol 99, pag. 986 – 994.
11. Colby L., Kisner C., Dewitt J., (2012), *“The Knee”*. In Colby L., Kisner C. (1994) *“Therapeutic Exercise. Foundations and techniques”*, F.A. Davis Company, pag.764 – 848.
12. Everhart J.S., Best T.M., Flanigan D.C. (2013), *“Psychological predictors of anterior cruciate ligament reconstruction outcomes: a systematic review”*, Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, Vol. 23, pag. 752 – 762.
13. Fernandez C.B., Gonzalez C.M., Vecino J., Bavaresco N. (2014) *“The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps”*, Journal of strength and conditioning research, Vol. 28, pag. 528 – 533.
14. Grassi A., Zaffagnini S., Muccioli G., Neri M.P., Della Villa S., Maracci M. (2015) *“After revision anterior cruciate ligament reconstruction, who returns to sport? A systematic review and meta-analysis”*, British Journal of Sports Medicine, Vol 49, pp. 1295 – 1304.

15. Gruber M., Gollhofer A. (2004) "*Impact of sensorymotor training on the rate of force development and neural activation*", *European Journal of Applied physiology*, Vol 92, pag. 98 – 105.

16. La Bella C.R., Hennrikus W., Hewett T.E. (2014), "*Anterior Cruciate Ligament Injuries: Diagnosis, Treatment, and Prevention*", *Pediatrics*, Vol 133, pag. 1437 – 1450.

17. Lockard M.A. (2004), "*Biomechanics of tendons and ligaments*". In Oatis C.A. (2004), "*Kinesiology. The mechanics & pathomechanics of human movement*", Lippincott Williams & Wilkins, pag. 80 – 95.

18. Maffiuletti N.A., Aagaard P., Blazevich A.J., Folland J., Tillin N., Duchateau J. (2016) "*Rate of force development: physiological and methodological considerations*", *Journal of Applied Physiology*, Vol 116, pag. 1091 – 1116.

19. Mirkov D.M., Knezevic O.M., Maffiuletti N.A., Kadija M., Nedeljkovic A., Jaric S. (2016), "*Controlateral limb deficit after ACL-reconstruction: an analysis of early and late phase of rate of force development*", *Journal of Sports Sciences*.

20. Monticone M., Giorgi I., Baiardi P., Barbieri M., Rocca B., Bonezzi C. (2010), "*Development of the Italian Version of the Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK-I): Cross-Cultural Adaptation, Factor analysis, Reliability, and Validity*", *Spine - Lippincott Williams & Wilkins*, Vol. 35, pag. 1241 – 1246.

21. Neumann D.A. (2010), "*Knee*". In Neumann D.A (2010) "*Kinesiology of musculoskeletal system. Foundations for rehabilitation*" , Mosby Elsevier, pag. 520 – 572.

22. Noyes F.R., Barber-Westin S. (2016) "*Anterior cruciate ligament primary reconstruction: diagnosis, operative techniques, and clinical outcomes*". In Noyes F.R. (2016), "*Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes*", Elsevier, pag. 137 – 220.

23. Noyes F.R, Barber-Westin S. (2016) "*Scientific basis of rehabilitation after anterior cruciate ligament autogenous reconstruction*". In Noyes F.R. (2016), "*Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes*", Elsevier, pag. 268 – 292.
24. Noyes F.R, Barber-Westin S. (2016) "*Risk factors for anterior cruciate ligament injuries in the female athlete*". In Noyes F.R. (2016), "*Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes*", Elsevier, pag. 344 – 372.
25. Noyes F.R., Grood E.S. (2016) "*Knee ligament function and failure*". In Noyes F.R. (2016), "*Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes*", Elsevier, pag. 83 – 109.
26. Oatis C.A (2004), "*Structure and function of the bones and noncontractile elements of the knee*". In Oatis C.A. (2004), "*Kinesiology. The mechanics & pathomechanics of human movement*", Lippincott Williams & Wilkins, pag. 710 – 737.
27. Oliveira F., Oliveira V., Rizatto G., Denadai B. (2013), "*Resistance training for explosive and maximal strength: effects on early and late rate of force development*", Journal of Sports Science and Medicine, Vol 12, pag. 402 – 408.
28. Piva S.R., Fitzgerald K., Irrgang J.J., Jones S., Hando B.R., Browder D.A., Childs J.D. (2006), "*Reliability of measures of impairments associated with patellofemoral pain syndrome*", BMC Musculoskeletal Disorders, Vol. 10, pag. 1186 – 1471.
29. Soames R.W. (2001) "*Arto inferiore*". In Williams P.L. (2001) "*Anatomia del Gray*", Zanichelli, pag. 1007 – 1105.
30. Suetta C., Aagaard P., Rosted A., Jakobsen A.K., Duss B., Kjaer M., Magnusson P. (2004), "*Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG,*

and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse”, Journal of Applied Physiology, Vol 97, pag. 1954 – 1961.

31. Tillin N.A., Folland J.P. (2012) “*Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations*”, Experimental Physiology, Vol. 97, pag. 630 – 641.

32. Zeng C., Gao S., Li H., Yang T., Luo W., Li Y., Lei G. (2016), “*Autograft Versus Allograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials and Systematic Review of Overlapping. Systematic Reviews*”, The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, Vol 32, pag. 153 – 163.

Allegati

Scala Tampa della kinesiophobia (TSK)

In questi tempi, caratterizzati da una medicina ad alto contenuto tecnologico, manca spesso nella Sua cartella clinica una delle più importanti fonti di informazione: le Sue sensazioni riguardo a cosa sta accadendo al Suo corpo. Le informazioni che Le chiediamo hanno lo scopo di colmare questa lacuna. Per favore risponda alle seguenti domande mettendo una crocetta sulle risposte che descrivono meglio il suo modo di sentire, e non secondo quanto altri ritengono che Lei debba credere. Questa non è una prova per verificare le Sue conoscenze mediche; noi intendiamo conoscere il Suo punto di vista.

		Completo disaccordo	Parziale disaccordo d'accordo	Parziale accordo	Completo accordo d'accordo
1	Se svolgessi attività fisica temo che potrei farmi male	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Se cercassi di fronteggiare il dolore che provo, esso aumenterebbe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Il mio corpo mi informa che ho qualche cosa di seriamente compromesso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Le persone non stanno considerando il mio problema come si dovrebbe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Il mio problema costituisce un rischio per il mio corpo per gli anni a venire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Provare dolore significa sempre che ho danneggiato il mio corpo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Temo di farmi del male accidentalmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Il modo più sicuro per evitare che il mio dolore aumenti è assicurarmi di non fare movimenti superflui	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Non avrei così tanto dolore se non ci fosse in me qualcosa di potenzialmente pericoloso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Il mio dolore mi avverte quando interrompere l'attività fisica in modo da non danneggiarmi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Per una persona nelle mie condizioni non è salutare svolgere attività fisica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Non posso fare tutto ciò che le persone normali fanno perché con grande facilità mi faccio male	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Nessuno dovrebbe fare attività fisica quando prova dolore	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Strumenti di valutazione



Biodex System 3



Crossover-Hop Test



Step-Down Test

