

R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

723

# Ita. J. Sports Reh. Po.

Italian Journal of  
Sports Rehabilitation and Posturology

## **Analisi e pianificazione del processo di ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**

**Autori : Rosario D'Onofrio,<sup>1</sup> Vincenzo Manzi,<sup>2</sup> Antonio Bovenzi,<sup>3</sup> Antonio Pintus,<sup>4</sup> Giuseppe Pondrelli.<sup>5</sup>**

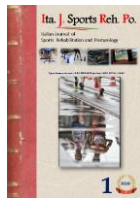
<sup>1</sup> *Rehab & Posturologist Fitness Coach , Scientific Society of Sports Rehabilitation and Posturology Rome - Italy*

<sup>2</sup> *Fitness Coach, Monitoring Training Load - FC Torino - Turin -Italy*

<sup>3</sup> *Head Fitness Coach - - FC Torino - Turin - Italia*

<sup>4</sup> *Head Fitness Coach - - FC Real Madrid - Madrid - Espana*

<sup>5</sup> *Head Fitness Coach – FC Watford – UK*



## Abstract

**Scopo.** Questa review ha lo scopo di identificare, attraverso una analisi della letteratura quali sono i processi riabilitativi e di reconditioning allo sport post meniscectomia **Obiettivo.** Proporre alcuni strumenti teorici di riflessione scientifica, atti a valorizzare gli aspetti clinici/riabilitativi finalizzati alla personalizzazione del programma di recupero post meniscectomia in relazione all'ambiente articolare e alle forze compressive femoro-tibiali. **Metodi.** Ai fini di questa revisione della letteratura, sono state consultate riviste indicizzate Peer – Reviewed e non. La scelta degli articoli è stata effettuata tenendo conto degli obiettivi della revisione atta a fornire una comprensione delle informazioni ottenute dalla scansione letteratura corrente. Gli studi sono stati identificati ricercandoli su PubMed/MEDLINE Databases utilizzando il vocabolario MeSH di PubMed prima in una ricerca libera utilizzando operatori booleani e poi attraverso una ricerca combinata (MeSH + ricerca libera) . Le bibliografie degli studi inclusi sono state esaminate per identificare ulteriori pubblicazioni. La ricerca bibliografica è stata indirizzata, anche, verso la Letteratura Grigia. Infatti sono state incluse pubblicazioni e relazioni personali, atti da convegni di interesse specifico. Senza limiti di anno, range 1966 – 2015, sono state esaminate tutte le pubblicazioni su : meniscectomy, compressive tibiofemoral force, knee osteoarthritis. **Risultati.** Sono stati ritenuti idonei, a sviluppare considerazioni scientifiche ed indirizzi terapeutici, 73 studi scientifici, scansionati in un range di anni 1966 – 2015 . **Conclusioni.** Possiamo sottolineare come le forze compressive tibio femorali sono assolutamente da tenere in considerazione, così come altri esercizi terapeutici, nella progettazione riabilitativa e di reconditioning post meniscectomia . Queste possono essere dirompenti per l'integrità anatomica strutturale e funzionale sull'articolazione del ginocchio quando l'atleta presenta un precoce degrado dell'ambiente articolare del ginocchio .

**Key word :** *meniscectomy, compressive tibio femoral force, knee osteoarthritis.*

## Introduzione

La patogenesi delle lesioni meniscali sono correlate all'interno di gestualità specifiche come "cutting manouvre, pivoting o landing " che sono espressioni tecniche/atletiche, riscontrabili in sport di squadra come il calcio.

Forze di taglio tibio femorali o meglio ancora, forze compressive femoro – tibiali, verificabili durante queste gestualità, possono essere dirompenti ed altamente negative, per la futura funzionalità articolare del ginocchio post meniscectomia.

Nel corso della vita sportiva l'articolazione del ginocchio andrà incontro ad un degrado dell'ambiente articolare che è di per sé, è fisiologico. L'assenza di uno o entrambi i menischi, accelererà questo quadro assumendo un andamento più rapido, fino ad arrivare a quadri degenerativi, di fine carriera, importanti con un indirizzo chiaramente patologico.

Diventa importante, nella pianificazione del ritorno allo sport, avere la conoscenza dell'aspetto clinico/biomeccanico e soprattutto la conoscenza degli stress che alcuni esercizi, atti al recupero della forza, hanno sull'articolazione del ginocchio e di riflesso sull'integrità articolare del ginocchio.

## Le lesioni meniscali ed ambiente articolare

Negli ultimi anni, si sono verificate nel calcio, un decremento delle lesioni, isolate delle componenti meniscali, (figura 1) con un incremento, in contrapposizione, delle lesioni capsulo legamentose complesse.<sup>16</sup>

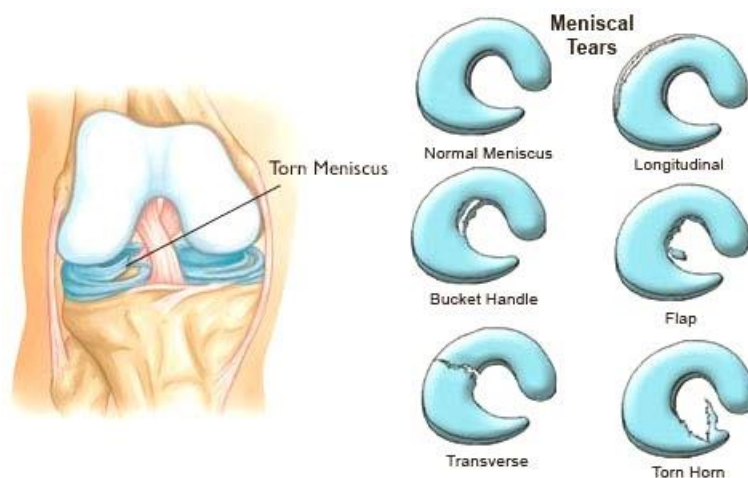


Figura 1 – Le lesioni meniscali

Uno studio di Smitt e Barrett<sup>1,2</sup> su 1065 ginocchia con lesione del legamento crociato anteriore ha evidenziato che il 53% di tutte le lesioni meniscali erano mediali e il 47% laterali. Nelle instabilità croniche, del ginocchio si riscontrano secondariamente lesioni meniscali mediali nel 58% e quelle laterali nel 42% .

### Load Transmission

E' giusto evidenziare che dopo meniscectomia mediale, le forze a carico della sede del prelievo pro - crociato anteriore, si elevano del 33-50% .

I menischi trasmettono, *"ammortizzando e distribuendo"* circa il 50% delle forze compressive sul ginocchio in un range articolare 0° - 90° di flessione .

Studi biomeccanici<sup>5,6,7,8</sup> hanno rilevato che forze compressive femoro - tibiali, riscontrabili, per esempio, alla ricaduta dopo un salto, sono maggiormente *"sopportate"* dalla componente periferica, della circonferenza meniscale, con valori pari al 45% - 70% del carico BW. Questo chiaramente, quando i margini periferici dei menischi sono intatti.

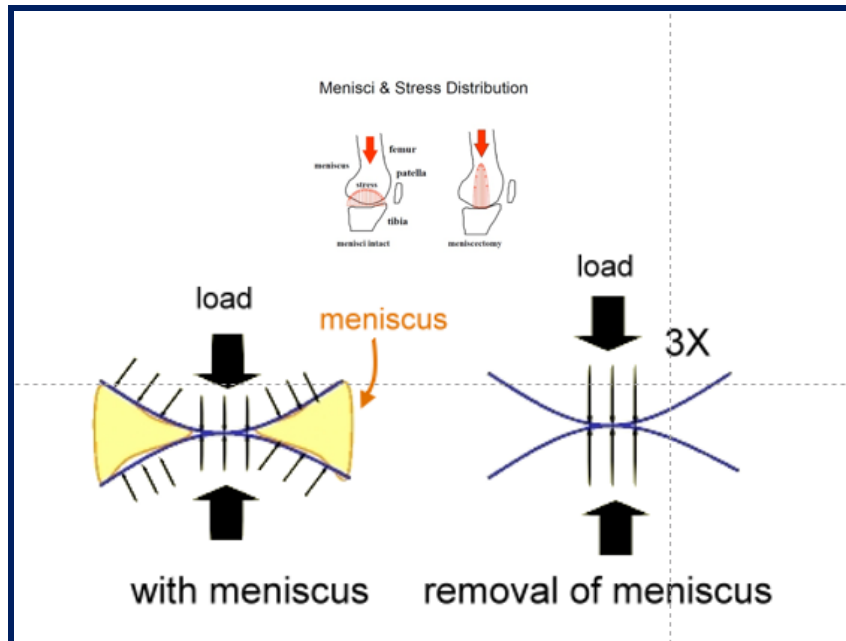
Dopo meniscectomia, la stessa l'area di contatto femorale -tibiale può decrementare, fino al 50-70%.<sup>9,10</sup>

Studi non recenti di Seedhom e Hargreaves<sup>66</sup> hanno riferito che il 70% del carico nel compartimento laterale e il 50% del carico nel compartimento mediale è trasmessa attraverso il menisco.<sup>66</sup>

Gli stessi autori hanno dimostrato come una rimozione del tessuto meniscale dal 16 al 34 % comporta un incremento delle forze compressive femorali - tibiali del 350% .

I menischi trasmettono in estensione, del ginocchio, il 50% del carico di compressione attraverso i corni posteriori, con l' 85% trasmesso a 90° flessione<sup>67</sup>

Radin<sup>68</sup> in un passato non recente ha dimostrato che questi carichi, queste forze compressive femoro-tibiali, sono ben distribuite quando il menischi sono integri<sup>68</sup> (figura 2).



**Figura 2** - Distribuzione delle forze compressive femoro tibiali in ginocchia Integre e in ginocchia dopo meniscectomia.

Meniscectomie laterali complete provocano una diminuzione del 40% al 50% nell'area di contatto ed incrementa lo stress<sup>69</sup>, sulla componente laterale, rispetto ai valori baseline, dal 200% al 300%. Per questo motivo l'incremento prolungato e ripetitivo di esercizi ed esercitazioni non idonee, anomale, accelerano il degrado dell'ambiente articolare.<sup>70</sup> Comunque, una riduzione del 10% della stessa, secondaria a meniscectomia parziale, produce un aumento del 65% delle forze compressive sulla articolazione del ginocchio.<sup>11</sup>

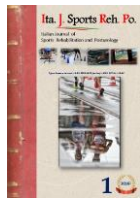
### Degenerazione dell'ambiente Articolare post meniscectomia

E' stato mostrato <sup>12,13</sup> che virtualmente tutte le ginocchia, post- meniscectomia svilupperanno cambiamenti artrici con il tempo. Englund <sup>59</sup> in uno studio ha evidenziato, in una popolazione di meniscectomizzati il rapporto correlativo esistente tra OA (Osteo -Artrite) Patello - femorale e OA/tibio - femorale.

Su uno screening, effettuato su 5766 pazienti, era presente:

- ✓ Un'osteoartrite tibiofemorale nel 86% delle ginocchia operate per lesione meniscale.
- ✓ Un'osteoartrite patello-femorale (isolata o in associazione ad una patologia degenerativa a carico del l'articolazione tibio - femorale) in atleti pari ad un valore del 21%
- ✓ Un processo degenerativo, in entrambe le ginocchia, in atleti pari all'8%

Investigazioni effettuate in laboratorio, hanno rinforzato questi osservazione.<sup>14,16,17</sup>



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

727

Correlazioni cliniche possono essere trovate, già in vecchi studi di Fairbank et al.<sup>7</sup> nei quali questi incrementi, della trasmissione del carico, sono stato visti accelerare lo sviluppo del processo degenerativo dell'articolazione espressa attraverso :

- a) Osteofiti marginali più o meno pronunciati, quando il restringimento dell'intervallo articolare è più marcato,
- b) Sclerosi sub condrale, sia sul versante femorale che su quello tibiale.

Comunque, è stato dimostrato che gli effetti dannosi per l'integrità anatomica del ginocchio ricollegabili ad alterazioni dei processi biomeccanici, dopo parziali meniscectomie, sono proporzionali anche alla quantità di tessuto meniscale asportato.

Bosozto<sup>23</sup> riportava che dal tempo della lesione alla diagnosi di osteoartrosi vi è un range che varia, più o meno, da 2 a 7 anni per pazienti con mite o moderata, degenerazione articolare del ginocchio.<sup>23</sup>

### Propriocezione ed ambiente articolare

Questi cambiamenti degenerativi dell'ambiente articolare, comportano una deafferentazione delle informazioni articolari<sup>26</sup>, che contribuiscono ad una "lettura intossicata" da parte del SNC delle afferenze recettoriali. Meccanorecettori sono stati identificati nelle corna anteriori e posteriori dei menischi.

Meccanocettori come Ruffini, Pacini e Organi Tendinei del Golgi sono presenti nel legamento crociato anteriore (LCA), legamento crociato posteriore (LCP) e menischi.<sup>73</sup>

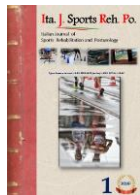
Meccanorecettori ad adattamento rapido, come corpuscoli di Pacini, sono presenti per mediare la percezione di movimento articolare e recettori ad adattamento lento come terminazioni di Ruffini e organi tendinei di Golgi, sono presenti per mediare la percezione della posizione articolare del ginocchio.<sup>42,73</sup>

Conseguentemente disgregazioni delle vie afferenti, comportano segnali "intossicati" anche nella elaborazione delle risposte, che conseguentemente sfoceranno in squilibri neurofisiologici che contribuiranno ed asimmetriche destrutturazioni del tono posturale.

D'altra parte la perdita della funzionalità degli endo ed eso – recettori comporterà adattamenti e compensi che interesseranno, nel suo complesso le catene muscolari e i pivot biomeccanici, della colonna vertebrale, bacino e piede alterandone soprattutto l'espressività rotazionale.

Recettori situati nella capsula articolare e nei menischi, ci segnalano e modulano le forze compressive femoro - tibiali durante il gesto tecnico atletico. Gli endorecettori funzionano come stazioni d'ascolto e di trasmissione di informazioni relative agli stress meccanici prodotti sull'articolazione.

Questi modulano tra l'altro il comportamento fisiologico e biomeccanico durante i vari gradi del movimento di flessione/estensione del ginocchio, il controllo dei movimenti gestuali semplici e complessi in varo –valgo rotazione interna ed esterna dell'asse femoro tibiale.<sup>28,29,30</sup> (figura 3) Una lesione o una meniscectomia creerà un black –out afferenziale, relativo alla modulazione delle forze di compressione femoro – tibiali.<sup>27</sup>



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

728



**Figura 3** – Valgo dinamico adattativo del ginocchio durante gestualità tecniche atletiche ( R. D'Onofrio, relazione personale " Gestualità tecnico – atletica e rilevanza clinica nel calciatore " Congresso Internazionale La Gestione dell'atleta nel Terzo Millennio - 30 settEmbree 2011 – Portici –Napoli )

## Ginocchio del calciatore a rischio

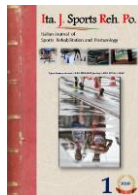
Studi sulla funzionalità articolare, su atleti meniscectomizzati, hanno evidenziato, un duplice incremento delle forze di compressione sull'articolazione femoro tibiale, così come reperti radiografici hanno rilevato un restringimento dell'emirima articolare nel compartimento interessato alla meniscectomia.<sup>11</sup>

Un 10% della riduzione nell'area di contatto meniscale in relazione ad una parziale meniscectomia produce un valore del 65%- 70% del picco che sfocerà, in una futura, importante, degenerazione articolare .

Lindberg<sup>19</sup> trovò che in giocatori di calcio d'élite è possibile riscontrare osteoartrite (OA) dell'anca, subordinata ad una patologia degenerativa del ginocchio (14.1% per atleti d'élite, 4.2% per giocatori non-élite).

La generalità dell'incremento dei processi degenerativi articolari, sono riscontrabili anche in un numero significativo di giovani atleti, che svolgono la propria attività agonistica in sport, dove il ginocchio è sottoposto ad ripetitivi schemi gestuali, ed alti livelli di impatto.<sup>36</sup>

Roos H<sup>62</sup> ha evidenziato che il calcio, specialmente ad un livello professionistico, si correla, con un incremento dei rischi gonartrosici . L'autore<sup>62</sup> ricercò nei segnali radiografici, evidenze significative di gonartrosi in 286 calciatori, 215 non-elite e 71 giocatori di élite e questo fu comparato con un gruppo di controllo di 572 persone con una età media di 55 anni. La prevalenza delle gonartrosi era fra i giocatori :



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

- non - elite : pari al 4.2%,
- élite : pari al 15.5%,
- 
- nel gruppo di controllo : pari al 1.6%.

729

Così Gillquist<sup>63</sup> mostrò un incremento significativo delle gonartrosi, dopo lesioni capsulo legamentose al ginocchio in comparazione, con l'arto sano dello stesso paziente.

Rotture isolate del menisco o lesioni del LCA isolate o associate, sembrano incrementare notevolmente del 15 - 20% il rischio e l'incidenza delle gonartrosi se comparate con l' invecchiamento naturale di una popolazione sana (dall'1 al 2%).

Meniscectomie effettuate in un ambiente articolare integro, raddoppia i rischi di gonartrosi del 30 a 40% e in pazienti con rottura completa del legamento crociato anteriore e lesioni associate i valori degenerativi si elevano dal 50 al 70% .

Kujala<sup>20</sup> e Raty<sup>21</sup> evidenziarono in giocatori d' élite di calcio finlandesi, un decremento delle loro ore di attività sportive quotidiane, così suddivise :

1. training di resistenza : perdita di 1.1 ore ,
2. attività specifiche di tecnica/tattica calcistica : perdita di 3.5 ore,
3. training di forza : perdita di 0.1 ore

Neyret<sup>22</sup> ha mostrato in calciatori con precedente meniscectomia, che una osteoartrite gli veniva diagnosticata :

- 26 anni più tardi, se la lesione a carico dell'articolazione del ginocchio era avvenuta prima dei 35 anni
- 10 anni più tardi, se la lesione a carico dell'articolazione del ginocchio era avvenuta dopo i 35 anni.

I risultati a lungo termine dopo meniscectomia artroscopica, furono valutati nella fase post – chirurgica, anche da G. Prunner K<sup>64</sup> su 77 pazienti, in follow up di 6-36 mesi e 66-96 mesi.

I risultati clinici, stimati attraverso la Scala di Lysholm mostrarono un deterioramento significativo dell'articolazione al follow -up eseguito già al secondo anno.

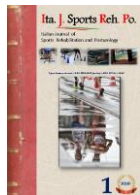
In particolare, fu osservato, un aumento, del dolore ed una tendenza all'incremento del gonfiore articolare, mentre la valutazione lassitometrica espresse, una riduzione significativa dell'instabilità anteriore come un risultato di un miglioramento dei valori di forza e della conseguenziale stabilità.

Il follow-up a cinque anni, evidenziò che solamente 22 di 77 pazienti (28.6%) non mostrarono nessun segnale radiografico di osteoartrite .

Ulteriori 31 pazienti (40 : 25%) che avevano evidenziato fenomeni osteoarticolari degenerativi, prima della chirurgia, evidenziavano, evidenti fenomeni degenerativi al 7 anno post chirurgia.

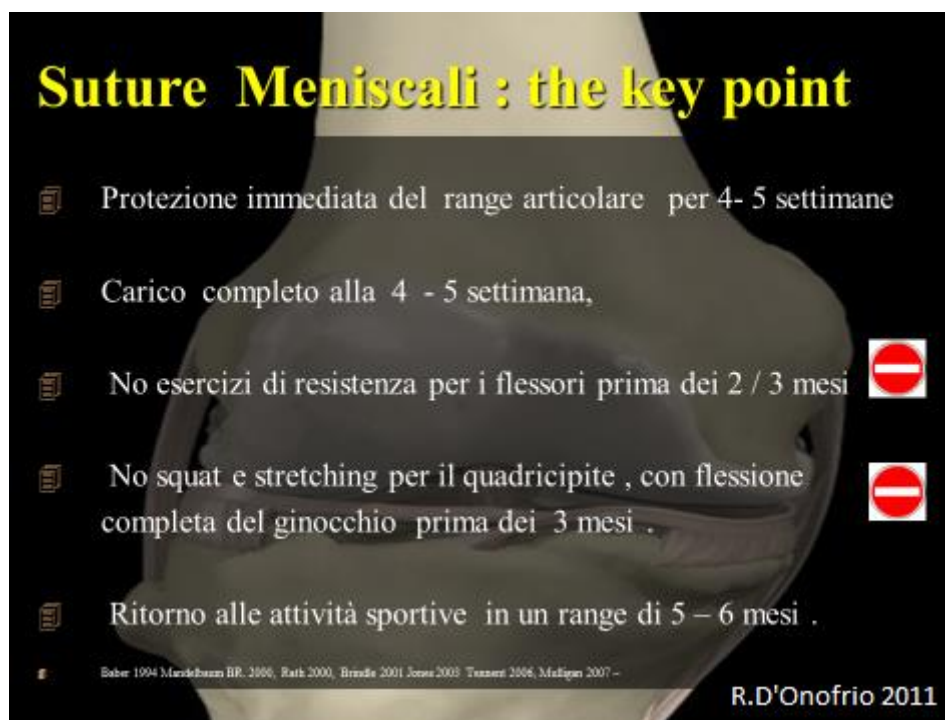
Il successo a lungo termine delle riparazioni meniscali, variano tra il 67 ed il 92% e questo in relazione al tipo e/o ubicazione della lesione ed alle strategie riabilitative.<sup>34</sup> (Figura 4 )

Si riporta un 27% delle alterazioni del quadro clinico/biomeccanico –funzionale, complessivo dell'articolazione a distanza di 7.5 anni.<sup>35</sup>



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723- 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

730



**Figura 4** .Linee guida riabilitative dopo sutura meniscale  
( R.D'Onofrio, "relazione personale" Gestualità tecnico – atletica e rilevanza clinica nel calciatore " Congresso Internazionale La Gestione dell'atleta nel Terzo Millennio - 30 Settembre 2011 – Portici –Napoli )

Comunque i fattori che possono influenzare i processi, delle suture meniscali sono:

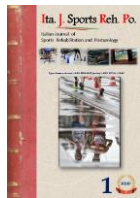
- la chirurgia, e il tempo della stessa (al di sotto delle otto settimane),
- l'ubicazione e il tipo della lesione, se isolata o associata
- l'età del paziente,
- quadro anatomico e biomeccanico articolare e muscolare al tempo della lesione,
- qualità del processo riabilitativo e della fase di ricondizionamento

Una review della letteratura internazionale<sup>15</sup> evidenziò una più alta frequenza di OA in calciatori inglesi, amatoriali, rispetto a giocatori di calcio professionistici con un particolare interessamento delle articolazioni della cavaglia' ginocchio ed anca<sup>16,17, 18, 24</sup> In questo lavoro di pubblicato da Solonen KA. si evidenziò:

- che la metà (47%) del totale dei calciatori in tutta la loro carriera sportiva finì per soffrire di lesioni articolari al ginocchio
- che il 42% smise l'attività sportiva, a causa di un danno acuto e il 58% per una causa di una condizione cronica.

Per Drawer S,<sup>65</sup> il rischio per giocatori di calcio professionistici, di osteoartrosi in almeno una delle articolazioni dell'arto inferiori, è molto alto e significativamente più grande rispetto ad una popolazione non sportiva .





Su 185 giocatori della English Professional Footballers' Association quasi la metà dei selezionati 47% (79) smise di giocare a causa di una lesione; con il 42% (33) che aveva avuto lesioni acute e con il 58% (46) lesioni croniche. La maggior parte delle lesioni acute, che hanno condotto al precoce ritiro dalle attività sportive, erano a carico del ginocchio 46%, (15) seguite dalla caviglia 21% (7) e dalla colonna 15% (5).

La maggior parte delle patologie croniche, che hanno condotto al “pre - pensionamento sportivo” erano ancora a carico del ginocchio 37% (17), dalla colonna vertebrale 22% (10) e dall'anca 9% (4).

Burr DB<sup>37</sup> mostrò che la corsa, in questi pazienti, in generale, produceva sovraccarico all'arto inferiore maggiore di 2 a 3 volte, rispetto al cammino, esponendo gli stessi ad un aggravamento del quadro clinico e nello specifico a patologie da overuse.<sup>37</sup>

È stato dimostrato, da studi presenti nella letteratura,<sup>38,39,40</sup> che atleti partecipanti a sport di squadra come calcio basket volley, elevano il loro indice di predisposizione a sviluppare un degrado articolare, per via di un incremento delle forze di taglio e compressive femoro tibiali e femoro-rotulee, sviluppando, prematuramente fenomeni degenerativi del ginocchio a carico di queste articolazioni.<sup>38,39,40</sup>

Il processo patologico che guida, questi eventi, è multifattoriale ma probabilmente riferito maggiormente, anche ad una lesione della cartilagine articolare stessa.<sup>41</sup>

E' possibile verificare che una precedente anomala attività biomeccanica del ginocchio, si aggravi con una meniscectomia. Deviazioni assiali, in varo e in valgo, già presenti, creano una serie di processi adattivi e compensativi.

Se andiamo a ragionare in termini di globalità, questi eventi traumatologici, possono avere, tra l'altro, influenze negative sul sistema tonico posturale, con relativi riflessi strutturali asimmetrici adattativi o compensativi a carico delle espressività funzionali delle catene muscolari.

### **Concettualità Riabilitative e di Reconditioning espresse dalla letteratura per una strutturazione della programmazione del ritorno allo sport**

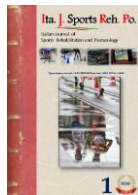
Una maggiore conoscenza sui processi riabilitativi applicati allo sport, oggi, hanno evidenziato una spiegazione razionale una Evidence Based Rehabilitation su base più scientifica rispetto al passato. Lo specialista della Riabilitazione dovrebbe tenere presente gli orientamenti chirurgici con una applicabilità degli indirizzi terapeutici che vengono evidenziati nella letteratura.

Alla luce di quanto espresso sopra, diventa, importante la scelta o meglio, le strategie riabilitative siano indirizzate verso un approccio attivo (Figura 5) del processo di recupero.

È chiaro che spesso una lesione meniscale non è mai pura, ma associata o ad altri eventi lesivi acuti o consequenziale a problematiche degenerative articolari croniche, spesso già presenti, che complicheranno l'analisi riabilitativa.

La scelta della strategia di intervento terapeutico, deve, quindi, essere orientata ad allungare la vita sportiva dell'atleta e a salvaguardare l'ambiente articolare, da stress biomeccanici, derivanti da gestualità tecnico/atletiche specifiche.

Ci sembra ovvio, e scontato, evidenziare che dalla letteratura<sup>67,68,69</sup> emerge, che esercizi in catena cinetica aperta vs catena chiusa provocano un minor stress compressivo, sull'articolazione femoro-tibiale, e quindi sono da preferire in una riabilitazione isolata, pura, meniscale, con una chiara integrità anatomica articolare.



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723- 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

732

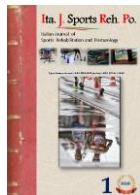


**Figura 5 .** Alcune linee guida per l'impostazione dei processi riabilitativi ricollegabili la fase post chirurgica delle lesioni meniscali  
( R.D'Onofrio, "relazione personale" Gestualità tecnico – atletica e rilevanza clinica nel calciatore " Congresso Internazionale La Gestione dell'atleta nel Terzo Millennio - 30 settEmbree 2011 – Portici - Napoli )

Ci sembra importante, per una maggiore chiarezza espositiva, dare immediatamente una classificazione al nostro ragionamento, la cui strategia di intervento, deve essere basata :

- a) Sul tipo di lesione di meniscale,
- b) Sullo status del ginocchio (inclusa la valutazione del tempo dalla lesione),
- c) Sul tipo di procedura chirurgica, (sutura meniscale, meniscectomia parziale),
- d) Sulla presenza o meno di altre patologie associate del ginocchio,
- e) Sull'età del paziente,
- f) Sul modello di gestione clinica e riabilitativa eventualmente pre ed immediatamente post chirurgia,
- g) Sui livelli del decremento di valori di forza ,flessibilità, propriocettività dell'arto inferiore,
- h) Sull'analisi posturale dell'atleta
- i) Sulle motivazioni e aspettative sportive dell'atleta,
- j) Sul tipo e livello di sport.

Comunque, se uno degli obiettivi primari, rimane la compensazione degli squilibri di forza arto sano/arto patologico è giusto evidenziare, come una atrofia, post operatoria, può evolvere, dopo 5 settimane, in un deficit della forza massima del quadripite femorale del 40% .<sup>43</sup>



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723- 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

È utile ricordare, confortati dalla letteratura, che un periodo di 4 - 6 settimane di riposo articolare, è raccomandato dopo suture meniscali.<sup>44</sup> Il ritorno ai livelli pre injury è ancorato intorno ai 10.4 (Figura 6)

733



**Figura 6 .** Ritorno allo sport - secondo lo studio di Logan <sup>72</sup> L' 81% per cento dei Atleti ritornano ai livelli precedenti di performance ad un tempo medio di 10,4 mesi dopo la riparazione meniscale ( R. D'Onofrio, relazione personale " Gestualità tecnico – atletica e rilevanza clinica nel calciatore " Congresso Internazionale La Gestione dell'atleta nel Terzo Millennio - 30 settEmbree 2011 – Portici –Napoli )

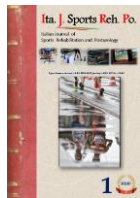
Nel caso di una meniscectomia, la disfunzione muscolare, indotta, non appianata, ma predice compensazioni da parte del sistema osteo mio-articolare, con una alterazione degli equilibri e delle tensioni, sulla fluidità biomeccanica delle articolazioni.

La costante stimolazione atletica, in questa situazione, eleverà il rischio di patologie da overuse e osteoarticolari degenerative, anomale, che interessano in particolar modo le articolazioni controllate, dalla catena muscolare interessata.

È chiaro che esiste una correlazione concettuale tra disfunzione asimmetrica posturale e meniscectomia.

Le destrutturazioni, asimmetriche, neurofisiologiche recettoriali certamente, danno luogo, ad un incremento anomalo della tensioni muscolari, con riflessi negativi sull'equilibrio delle tensioni muscolari e sulle entrate del sistema tonico-posturale.

Il concetto di "disfunzione posturale" è amplificato anche dalla evidenza che la fatica muscolare, derivante dalla performance sportiva, in tale situazione, incrementa in maniera esponenziale, l'impatto delle forze di taglio e di compressione femoro tibiale sull'articolazione del ginocchio. Chiaramente un'ideale attività muscolare, in termini di forza e di coordinazione, intra ed inter muscolare, fluidità articolare, velocità del movimento e recettoriale, decrementa i sintomi e ritarda notevolmente un'osteoartrite negli atleti.



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723- 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

## Le Forze compressive femoro - tibiali

Nella pratica quotidiana training atti al recupero della forza, post - injury, ed esercizi in catena cinetica chiusa (es: squat e leg-press) e aperta (es : leg- extension), hanno una diversificata applicabilità pratica in relazione al processo e allo status clinico dell'atleta infortunato.

La conoscenza della biomeccanica, degli stress meccanici che gli esercizi terapeutici riabilitativi hanno sull'articolazione, ci permetterà di diversificare la scelta dei mezzi terapeutici ed individualizzare i vari interventi riabilitativi.

Una recente review <sup>42</sup> inerente alla biomeccanica dell'arto inferiore, ha analizzato le forze a carico del ginocchio, durante esercizi di potenziamento muscolare, sia in catena cinetica aperta che chiusa, identificando, sostanzialmente tre aree di forze, di interesse specifico da tenere in considerazione durante la pianificazione degli allenamenti:

- a) forze compressive femoro-rotulee
- b) forze di taglio tibio-femorali
- c) compressive tibio-femorali

dove quest'ultime, come evidenziate in questa review, sono modulate nella loro distribuzione, sulle componenti meniscali.

Il picco massimo di forze compressive, durante lo squat, è ancorato in un range tra i 550 e 7928. N. E' chiaro che abnormi distribuzioni del carico meccanico femoro - tibiale, comportano di riflesso, un eccessivo carico sui menischi e sulla cartilagine, con crescenti, futuri, cambiamenti degenerativi articolari.

Lutz GE,<sup>46</sup> ha mostrato che le forze di compressione femoro -tibiali rilevate durante un esercizio in catena cinetica chiusa, producono uno stress significativamente più grande, rispetto agli esercizi in catena cinetica aperta.

Le più grandi forze di compressione tibio - femorali sono espresse durante lo squat, nella fase di estensione del ginocchio, se questa, è comparata con la fase della flessione.<sup>46</sup>

È attualmente chiaro, in letteratura, che queste forze ( range 3.25 - 3.75 volte BW), possono creare un sovraccarico tale, sui menischi e sulla cartilagine articolare, da essere nel tempo, la causa dei processi degenerativi sulle strutture articolari del ginocchio.

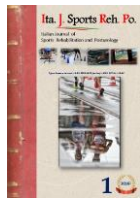
Chiaramente nella fase di ricaduta dopo un salto, per esempio dopo un colpo di testa, in una situazione offensiva o difensiva calcistica, questi overstress, incrementano ulteriormente da 5 a 8 volte il BW.

Comunque Escamilla <sup>47</sup> afferma, che le forze di compressione articolari femoro-tibiali sono significativamente maggiori, durante lo squat, se, questo, è eseguito in un range compreso tra 40° e 90° circa " (0° estensione completa del ginocchio ) con apertura larga delle gambe rispetto alla posizione stretta.

Stuart <sup>48</sup> afferma, in contrapposizione che le forze di compressione femoro - tibiali, sono costanti, durante la fase discendente che ascendente dello squat.

Una considerazione, per esempio, sull'integrità e sulla funzione biomeccanica delle strutture meniscali è stata fatta da Hattin, <sup>49</sup> dove mette in evidenza che per minimizzare le forze di femoro - tibiali sia esse compressive che di taglio, l'esercizio deve essere effettuato in modo lento e controllato, durante l'esecuzione di un half - squat. A tal uopo, le forze sull'articolazione del ginocchio, sono distribuite in maniera omogenea sia nella fase di discesa, che nella fase di risalita.

Doucette S.A.<sup>50</sup> afferma, che nel quadro di patologie condrali femoro - rotulee, le esercitazioni in catena cinetica chiuse si dimostrano maggiormente efficaci, se comparate, con la condizione



in catena cinetica aperta a 0°, 10°, e 20° di flessione di ginocchio ( $p < .0001$ ). Potenzamenti muscolari in catena cinetica aperta, sembrano essere molto adatti dopo 30° di flessione di ginocchio.

Kaufman KR,<sup>51</sup> afferma che l'esercizio isocinetico, può produrre grandi carichi sull'articolazione del ginocchio, specialmente durante la fase di estensione, ed aggiungiamo noi, che incrementano man mano che ci si avvicina alle basse velocità.

Continuando con questo ragionamento è da rilevare che le forze compressive femoro - tibiali (pari al 4.0 BW) a 55 gradi di flessione del ginocchio, sono approssimativamente uguali, a quelle che si verificano durante il cammino. Mentre è utile ricordare nell'ambito di una ipotetica formulazione di un protocollo di training, che importanti forze di taglio dirette anteriormente, si verificano durante un' esercizio di estensione in catena cinetica aperta, tipo leg- extension , ad angoli minori di 40 gradi di flessione di ginocchio. In questo range una forza di picco di 248 + / - 259 N fu notata a 14° gradi di flessione di ginocchio.

Al contrario forze di taglio posteriori , in catena cinetica aperta, si verificano, durante la fase di flessione del ginocchio, ad angoli articolari più grandi di 45 gradi.

Il picco massimo delle " Posterior Shear force" è pari a 1.7 del BW. L'articolazione patellofemorale, può raggiungere carichi molti alti, durante gli esercizi terapeutici, pari a 5.1 del BW che è 10 volte più alto a velocità angolari molto basse di un esercizio classico , di tipo tradizionale fisioterapico, lo straight leg raises . L'autore,<sup>51</sup>tra l'altro, suggerisce, di usare con molta cautela, l'esercizio isocinetico in pazienti con lesioni articolari del ginocchio.

Anche Wilk<sup>61</sup> dimostrò, con un loro studio, differenze significative nelle forze di espressione tibiofemorali e sull'attività muscolare, tra esercizi in catena cinetici chiusa ed aperta.

Risulta evidente, secondo l'autore,<sup>61</sup> che durante lo squat le massime forze compressive femoro -tibiali erano circa 6139 ± 1708 N, e queste, si verificavano a 91° gradi di flessione del ginocchio. La massima forza compressiva femoro - tibiale durante l'estensione del ginocchio era 4598 ± 2546 N (step di partenza : 90° gradi di flessione del ginocchio ). Durante gli esercizi in catena cinetica chiusa, una forza di taglio diretta posteriormente, crea uno stress sul legamento crociato posteriore, in tutto il range articolare, con il picco di carico che si verifica da 85° gradi a 105° gradi di flessione del ginocchio.

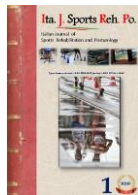
Dati elettromiografici, indicano una maggiore co - contrazione dei flessori ed estensori del ginocchio, durante l'esecuzione dello squat se comparato con la leg press .

Sempre durante esercizi alla leg press, l'attività elettromiografica del muscolo quadricipite era approssimativamente tra il 39% a 52% della velocità massima di contrazione di isometrica. Mentre l'attività degli ischio crurali era minima (12% MCV massima contrazione isometrica).<sup>61</sup>

Per Nisell R. <sup>52</sup> durante un'estensione isocinetica del ginocchio le forze compressive femoro - tibiali raggiungono grandezze di picco, pari a 9 volte il peso del corpo e le "shear force" antero-posteriori, si avvicinano ad 1 volta BW in angoli articolari del ginocchio che vanno da 60 a 0 gradi.

Comunque, secondo Escamilla R. <sup>47</sup> la risultante delle forze di compressione, sono uguali a 1.1 volte il peso del corpo in CKC (Closed Kinetic Chain).

Nello squat, eseguito sia in maniera veloce che lento, la media delle forze compressive e di taglio sono circa 15 -35 % durante la discesa se comparate con l'ascesa.



## Analisi di alcuni esercizi terapeutici in relazione alla attività di reconditioning allo sport post meniscectomia

Nell'ambito degli esercizi terapeutici uno dei mezzi maggiormente utilizzati, nella fase di ricondizionamento dell'atleta infortunato, è l'esercizio alla bike.

Le forze compressive femoro – rotulee, sono sempre presenti, ad entità diverse, in tutto il range della circonvoluzione della pedalata. Esse aumentano con l'ammontare della resistenza, restando identiche al variare della frequenza della pedalata, diminuiscono incrementando l'altezza del sellino, l'appoggio del piede, sulla pedivella, non cambia l'entità dello stress sull'articolazione femoro – rotulea.

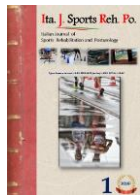
Neptune RR<sup>53</sup> et al hanno studiato l'influenza della Bike sulle forze compressive femoro - tibiali e patello - femorali, durante la circonvoluzione della pedalata.

Minori forze compressive femoro – tibiali, furono osservate nella fase negativa "stazionaria" della pedalata, mentre si riscontravano incrementi delle forze, sull'articolazione patello femorale. Una minore espressione dei livelli di forza di taglio, femoro – tibiali, si riscontravano, quando il ginocchio era vicino alla piena estensione.

Si tende, ad affermare che "il pedalare indietro" riduce gli stress compressivi sull'articolazione tibio- femorale, per e in quei pazienti, con esiti di meniscectomia o disturbi gonartrosici . (Figura 7) .



**Figura 7** : Variazioni delle forze compressive femoro tibiali durante backward pedaling  
( da R. D'Onofrio Relazione Personale "Gestualità ,postura ed impatto clinico" Congresso Nazionale "Il Calciatore nel Pallone: l'infortunio nel calcio". Brescia 7 giugno 2014)



A seconda dell'altezza del sellino, si riscontravano variazioni dell'impatto di stress patello femorali, che comunque, possiamo affermare, sono sempre presenti durante la circonvoluzione della pedalata. Le forze sull'articolazione patello - femorale incrementano con l'aumentare del carico di lavoro o/e decrementano con l'altezza del sellino. Diverse velocità di pedalata o diverse posizioni dei piedi non cambiarono significativamente queste forze.

Eisner WD<sup>54</sup> afferma che pedalare indietro realizza una stimolazione selettiva dei flessori.

L'attività muscolare durante entrambe le direzioni di pedalata è quanto mai chiara, così come le coppie di forza:

- il grande gluteo lavora sinergicamente con il soleo, mentre il flessore dell'anca, con il tibiale anteriore.<sup>53</sup>

Un aumento della intensità, della circonvoluzione della pedalata aumenta l'attività del grande gluteo, vasto mediale e laterale, dei flessori loggia mediale del ginocchio, gastrocnemio mediale e muscolo soleo.

Un aumento dell'altezza della sella, aumenta l'attività di muscolo medio gluteo, dei flessori mediali del ginocchio e del gastrocnemio. Un posizionamento posteriore del piede, sulla pedivella aumenta, da un lato, l'attività del medio gluteo, e del retto femorale, mentre in contrapposizione decrementa l'attività elettromiografica del muscolo soleo.<sup>55</sup>

E' utile pensare, che un saltuario ed irregolare running, in termini di distribuzione errata dei carichi di lavoro, aumenta i picchi di carico relativi alle forze di compressione femoro tibiali e femoro rotulee accelerando i processi degenerativi a carico dell'ambiente articolare.<sup>45</sup>

Nella corsa avanti e indietro unidirezionale ("forward and backward running") si riscontrano, in letteratura risultati diversificati, anche in relazione al fatto che, la corsa indietro, è rappresentata graficamente attraverso una linea metabolica maggiore del 30% rispetto alla corsa in avanti<sup>56</sup> con una ridotta lunghezza del passo, a vantaggio, in contrapposizione, di una maggiore frequenza.



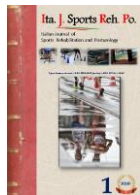
**Figura 8** - Movement Analysis backward Walking .

R. D'Onofrio - Relazione Personale "Pathokinematica Gestuale nel Calciatore" Congresso LAMICA "La gestione delle lesioni muscolari nel calciatore". Museo del Calcio Settore tecnico FIGC - Coverciano Firenze 22,23 Maggio 2014)

In particolare, la "backward Walking" (Figura 8) e "backward running" è stata suggerita come uno dei mezzi atti, al trattamento di pazienti che presentano dolori o disfunzioni patello - femorali.

Flynn TW,<sup>57</sup> a tal proposito evidenziarono una riduzione delle forze compressive sull'articolazione patello-femorale relative alla corsa indietro ( $2277 \pm 192N$  - backward running) se questa è comparata, sempre alla stessa velocità, con la corsa in avanti ( $4253 \pm 1292N$ ; - forward running).

Praticamente, il picco di forza sull'articolazione patello/femorale era del  $5.6 \pm 0.3$  del BW nella corsa in avanti e di  $3.0 \pm 0.6$  BW per la corsa indietro.



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723- 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

I risultati suggeriscono, l'utilità dell'inserimento nei programmi riabilitativi della backward running, in quanto minimizza le forze compressive dirette durante l'esercizio sull'articolazione femoro rotulea e sull'articolazione femoro- tibiale.

L'analisi statistica, indica significativamente minore ( $p < 0.05$ ) il picco di carico che si verifica sull'articolazione del ginocchio, durante la corsa indietro BR (BR - backward running.) rispetto alla corsa in avanti FR (FR -forward running).

La corsa indietro, che rimane un'ottima stimolazione propriocettiva, sembra essere un buon metodo per realizzare una attivazione muscolare del VMO e VL<sup>56</sup> e può essere utile in condizioni cliniche che richiedono un aumento di forza di estensore di ginocchio.<sup>57</sup>

Così come, l'aumento della pendenza della direzione di corsa pari ad un valore intorno al 5-10% incrementa la flessione del ginocchio e le forze compressive articolari a livello del ginocchio, predisponendo l'atleta a rischio di patologie da overuse.

Kyrolainen<sup>60</sup> proprio recentemente ha studiato i cambiamenti dell'attività muscolare nella corsa avanti relativa all'incremento della velocità. I risultati indicano che le attività EMG di tutti i muscoli studiati, (grande gluteo, vasto laterale, bicipite femorale, e tibiale anteriore), incrementano ( $P < 0.05$ ) con l'incremento della velocità, specialmente nelle fasi di "pre-contact e braking"

Alle velocità più alte di corsa, in queste stesse fasi, l'attività EMG del gastrocnemio, vasto laterale, bicipite femorale e grande gluteo superarono del 100% la MVC.

Inoltre, i risultati presenti suggeriscono, che l'incremento delle attività muscolari nella fase di pre-contact, potenzia il ruolo funzionale del ciclo stiramento/accorciamento, con un aumento, della stiffness muscolo - tendinea e un miglioramento della produzione di forza nelle fasi "braking e/o propulsive" della corsa.

Una maggiore produzione di forza, relativa all'incremento della velocità, si correla con un incremento dell'attività EMG dei muscoli bi - articolari (bicipite femorale, retto femorale e gastrocnemio), durante l'intero ciclo della corsa.<sup>60</sup>

Riequilibrio del rapporto H:Q, corsa indietro, riattivazione del sistema recettoriale, rimane sostanzialmente il corretto approccio nelle prime fasi del recupero funzionale dell'atleta con patologie a carico dell'articolazione patello /femorale<sup>57,71</sup>.

## Conclusioni

Le lesioni meniscali nello sport, rappresentano un evento clinico, se vogliamo, di estrema rilevanza biomeccanica.

Le meniscectomie nello sportivo, vanno trattate con molta acutezza, visto l'importante ruolo che i menischi rivestono nella biomeccanica articolare e l'evoluzione articolare; preludente anche attraverso una "sintomatologia muta", di un'importante quadro "gonartrosico".

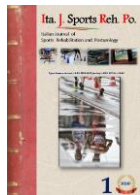
Nell'ambito dell'attività sportiva, esiti di lesioni meniscali associate a quadri di squilibri biomeccanici in termini di forza, flessibilità a disfunzioni del controllo neuro muscolare.

Strutturazioni dell'allenamento inadeguate possono produrre effetti devastanti per l'integrità dell'apparato osteo-mio-articolare del ginocchio.

Il disegno preventivo e le strategie di trattamento, l'utilizzo e la scelta dei mezzi allenanti, richiedono, nell'ultima fase della riabilitazione o fase del ritorno allo sport, una comprensione chiara dei fattori di rischio e delle eventuali complicanze.

Il progetto di recupero, dell'atleta infortunato, deve essere modulato in relazione alle Evidence Based Rehabilitation con la scelta degli esercizi, deve essere la meno "invasiva" possibile,





R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

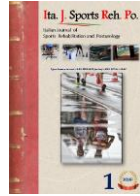
minimizzando il rischio di nuove lesioni e salvaguardando l'integrità anatomica dell'articolazione.

La conoscenza dei processi di guarigione clinica e dei modelli biomeccanici di alcuni esercizi terapeutici, ci permetterà di stilare un training che da un lato, possa salvaguardare il processo di recupero e dall'altro "non accelerare" i processi consequenziali di degrado articolare consequenziali all'attività sportiva.

739



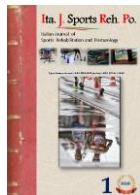
**First Authors :** Rosario D'Onofrio  
*Correspondence for author.: [r.donofrio@alice.it](mailto:r.donofrio@alice.it)*



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

## Reference

1. Smith JP, Barrett GR. Medial and lateral meniscal tear patterns in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Am J Sports Med* 2001; 29: 415-9
2. Murrell GAC, Horovitz L, Oakley SP, et al. The effects of time course after anterior cruciate ligament injury in correlation with meniscal and cartilage loss. *Am J Sports Med* 2001; 29: 9-14
3. Krause WR, Pope MH, Johnson RJ, et al. Mechanical changes in the knee after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58:599–604
4. Bargar WL, et al. In vivo stability testing of post-meniscectomy knees. *Clin Orthop* 1980;247–52.
5. Fithian DC, Kelly MA, Mow VC. Material properties and structure-function relationships in the menisci. *Clin Orthop* 1990;252:19–31.,
6. Mow, V.; Fithian, D.; Kelly, M. Fundamentals of articular cartilage and meniscus biomechanics. In: Ewing JW. , editor. *Articular Cartilage and Knee Joint Function: Basic Science and Arthroscopy*. New York, NY: Raven Press; 1989.)
7. Fairbank T. Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br* 1948;30:664–670.
8. Jones RE, Smith EC, Reisch JS. Effects of medial meniscectomy in patients older than forty years. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60:783–786.
9. Kurosawa H, Fukubayashi T, Nakajima H. Load-bearing mode of the knee joint: physical behavior of the knee joint with or without menisci. *Clin Orthop* 1980;149:283–90
10. Radin EL, deLamotte F, Maquet P. Role of the menisci in the distribution of stress in the knee. *Clin Orthop* 1984;185:290–4
11. Baratz ME, Fu FH, Mengato R. Meniscal tears: the effect of meniscectomy and of repair on intraarticular contact areas and stress in the human knee. A preliminary report. *Am J Sports Med* 1986;14:270–275
12. Cameron JC, Saha S. Meniscal allograft transplantation for unicompartmental arthritis of the knee. *Clin Orthop* 1997;164–71. )
13. Jorgensen U, Sonne-Holm S, Lauridsen F, et al. Long-term follow-up of meniscectomy in athletes a prospective longitudinal study. *J Bone Joint Surg [Br]* 1987;69:80–3.)
14. Henning CE, Lynch MA. Current concepts of meniscal function and pathology. *Clin Sports Med* 1985;4:259–65.
15. Solonen KA. The joints of the lower extremities of football players. *Ann Chir Gynaecol Fenn* 1966;55:176–80
16. Roos H, Lindberg H, Gardsell P, et al. The prevalence of gonarthrosis and its relation to meniscectomy in former soccer players. *Am J Sports Med* 1994;22:219–228



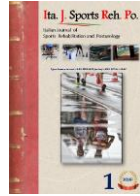
R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

17. Kujala UM, Kaprio K, Sarna S. Osteoarthritis of weight bearing joints of lower limbs in former elite male athletes. *BMJ* 1994;308:231–4.
18. Larson M, Pearl AJ, Jaffet R, et al. Soccer. In: Caine DJ, Caine CG, Lindner KJ, eds. *Epidemiology of sports injuries*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996:387–98. )
19. Lindberg H, Roos H, Gärdsell P. Prevalence of coxarthrosis in former soccer players. *Acta Orthop Scand* 1993;64:165–7
20. Kujala UM, Kettunen J, Paananen H, et al. Knee osteoarthritis in former runners, soccer players, weight lifters, and shooters. *Arthritis Rheum* 1995;38:539–46.
21. Raty HP, Kujala UM, Videman T, et al. Lifetime musculoskeletal symptoms and injuries among former elite male athletes. *Int J Sports Med* 1997;18:625–32.
22. Neyret P, Donell ST, Dejour H. Osteoarthritis of the knee following meniscectomy. *Br J Rheumatol* 1994;33:267–8 ).
23. Boszotto H, Helperstorfer W, Kolndorder G. Long-term results of arthroscopic meniscectomy. *Aktuelle Traumatol* 1994;24:30–4
24. Muckle DS. Factors affecting the prognosis of meniscectomy in soccer players. *Br J Sports Med* 1983;17:88–90)
25. Barrack and Skinner Barrack RL, Skinner HB, Brunet ME, et al. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* 1989; 17: 1-6
26. Barrett DS, Cobb AG, Bentley G Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73: 53-6
27. John C. Gray, PT, Neural and Vascular Anatomy of the Menisci of the Human Knee *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(1):23-30.
28. Zimny ML, Schutte MJ, Dabezies EJ. Mechanoreceptor s in the human anterior cruciate ligament. *Anat Rec* 1986; 214: 204–209 /
29. Amir G, Lowe J, Finsterbush A. Histomorphometric analysis of innervation of the anterior cruciate ligament in osteoarthritis. *J Orthop Res* 1995; 13: 78–82. /
30. Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1987; 69-A: 243–247.
31. Ehud Rath and John C Richmond The menisci: basic science and advances in treatment *Br J Sports Med* 2000; 34:252-257
32. Levy IM, Torzilli PA, Warren RF. The effect of medial meniscectomy on anterior-posterior motion of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64:883–888).
33. Papageorgiou CD, Gil JE, Kanamori A, et al. The biomechanical interdependence between the anterior cruciate ligament replacement graft and the medial meniscus. *Am J Sports Med* 2001; 29: 226-31



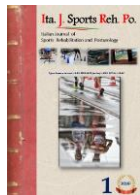
R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

34. Barber FA, Click SD. Meniscus repair rehabilitation with concurrent anterior cruciate reconstruction. *Arthroscopy* 1997;**13**:433–7
35. Egli S, Wegmueller H, Kosina J, et al. Long-term results of arthroscopic meniscal repair. An analysis of isolated tears. *Am J Sports Med* 1995;**23**:715–20.
36. Meenan RF, Mason JH, Anderson JJ, the content and properties of a revised and expanded Arthritis Impact Measurement Scales Health Status Questionnaire. *Arthritis Rheum* 1992; 35: 1-10,
37. Burr DB, Milgrom C, Fyhrie D, In vivo measurement of human tibial strains during vigorous activity. *Bone* 1996;**18**:405–10.)
38. Kujala UM, Kettunen J, Paananen H, Knee osteoarthritis in former runners, soccer players, weight lifters, and shooters. *Arthritis Rheum* 1995; 38: 539-46
39. Ravaut P, Moulinier L, Giraudeau B, Effects of joint lavage and steroid injection in patients with osteoarthritis of the knee: results of a multicenter randomized controlled trial. *Arthritis Rheum* 1999; 42: 475-82
40. Cooper C, Shelagh S, McAlindon T, Risk factors for the incidence and progression of radiographic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2000; 43 (5): 995-1000 )
41. Levy AS, Lohnes J, Sucley S, Chondral delamination of the knee in soccer players. *Am J Sports Med* 1996; 24: 634-9
42. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2003;**19**(1):2-12.
43. Eriksson E, Haggmart T. Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in recovery after major knee ligament surgery: a preliminary report. *Am J Sports Med* 1979;**7**:169–171.
44. Mooney M, Rosenberg T. Meniscus repair: zone-specific technique. *Sports Med Arthrosc Rev* 1993;**1**:136–144.
45. Kiviranta I, Tammi M, Jurvelin J, et al. Articular cartilage thickness and glycosaminoglycan distribution in the canine knee joint after strenuous running exercise. *Clin Orthop* 1992:302–8.
46. Lutz GE, Palmitier RA, An KN, Chao EY Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. *J Bone Joint Surg Am*. 1993 May;**75**(5):732-9.
47. Escamilla RF., Zheng N. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med. Sci Sports Exercise*, 30:556-569 1998.
48. Stuart MD., Meglan DA. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med* 24: 792-799,1996.
49. Hattin HC, Pierrynowski MR, Ball KA. Effect of load cadence, and fatigue on tibio-femoral joint force during a half squat *Med sci sport exerc*. 1989 oct;**21**(5):631-8



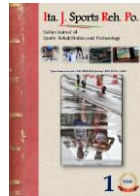
R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723- 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

50. S A. Doucette, D D. Child, The Effect of Open and Closed Chain Exercise and Knee Joint Position on Patellar Tracking in Lateral Patellar Compression Syndrome *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;23(2):104-110.
51. Kaufman KR., An KN., Litchy WJ. Dynamic joint forces during knee isokinetic exercise. *Am J Sports Med* 19: 305-316 1991.)
52. Nisell R. Mechanics of the knee. A study of joint and muscle load with clinical applications. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1985;216:1-42
53. Neptune RR, Kautz SA. Knee joint loading in forward versus backward pedaling: implications for rehabilitation strategies. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000 Aug;15(7):528-35
54. Eisner WD, Bode SD, Nyland J, Caborn DN. Electromyographic timing analysis of forward and backward cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 1999 Mar;31(3):449-55.
55. Ericson MO, Nisell R, Arborelius UP, Ekholm J. Muscular activity during ergometer cycling. *Scand J Rehabil Med.* 1985;17(2):53-61.
56. Flynn TW, Soutas-Little RW. Mechanical power and muscle action during forward and backward running. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993 Feb;17(2):108-12.
57. Flynn TW, Soutas-Little RW. Patellofemoral joint compressive forces in forward and backward running. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995 May;21(5):277-82
58. Mandelbaum BR. Articular cartilage repair: outcome and results. AOSSM Annual Meeting; 2000 Jun 18-21; Sun Valley (ID)
59. Englund M, Lohmander LS. Patellofemoral osteoarthritis coexistent with tibiofemoral osteoarthritis in a meniscectomy population. *Ann Rheum Dis.* 2005 Dec;64(12):1721-6. Epub 2005 Apr 20.
60. Kyrolainen H, Avela J, Komi PV Changes in muscle activity with increasing running speed *J Sports Sci.* 2005 Oct;23(10):1101-9
61. Wilk KE, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Andrews JR, Boyd ML A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises *Am J Sports Med.* 1996 Jul-Aug;24(4):518-27.
62. Roos H, Lindberg H, Gardsell P, Lohmander LS, Wingstrand H. The prevalence of gonarthrosis and its relation to meniscectomy in former soccer players. *Am J Sports Med.* 1994 Mar-Apr;22(2):219-22.
63. Gillquist J, Messner K. Anterior cruciate ligament reconstruction and the long-term incidence of gonarthrosis. *Sports Med.* 1999 Mar;27(3):143-56.
64. Boszotta H, Helperstorfer W, Kolndorfer G, Prunner K, Ohrenberger G. Long-term results of arthroscopic meniscectomy *Aktuelle Traumatol.* 1994 Feb;24(1):30-4.
65. Drawer S, Fuller CW. Propensity for osteoarthritis and lower limb joint pain in retired professional soccer players. *Br J Sports Med.* 2001 Dec;35(6):402-8.



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

66. Seedhom BB, Hargreaves DJ. Transmission of the load in the knee joint with special reference to the role in the menisci: part II. Experimental results, discussion and conclusion. *Eng Med.* 1979;8:220-228.
67. Walker PS, Erkman MJ. The role of the meniscus in force transmission across the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;109:184-192
68. Radin EL, de Lamotte F, Maquet P. Role of the menisci in the distribution of stress in the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;185:290-294.
69. Kettelkamp DB, Jacobs AW. Tibiofemoral contact area: determination and implications. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:349-356.
70. Henning CE, Lynch MA, Clark JR. Vascularity for healing of meniscal repairs. *Arthroscopy.* 1987;3:13-18.
71. Zachary F. Lerner<sup>1</sup> The Effects of Walking Speed on Tibiofemoral Loading Estimated Via Musculoskeletal Modeling *J Appl Biomech.* 2014 April ; 30(2): 197–205. doi:10.1123/jab.2012-0206
72. Logan, Martin, Watts Mark . Owen, James, & Myers, Peter (2009) Meniscal repair in the elite athlete : results of 45 repairs with a minimum 5-year follow-up. *American Journal of Sports Medicine*, 37(6), pp. 1131-1134.
73. Verdonk R, Aagaard H (1999) Function of the normal meniscus and consequences of meniscal resection. *Scand J Med Sci Sports* 9(3):134–140



R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Bovenzi, A. Pintus, G. Pondrelli  
**Analisi e pianificazione del processo del ritorno allo sport del calciatore infortunato in relazione ai cambiamenti dell'ambiente articolare, post meniscectomia ed alle forze compressive femoro tibiali**  
Ita J Sports Reh Po 2017, 4, 1; 723– 745 doi: 10.17385/ItaJSRP.016. 030107  
ISSN 2385-1988 (online) - IBSN 007-111-19-55

745

