

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI  
"FEDERICO II"**

**FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**

**TESI DI DOTTORATO  
IN  
"MORFOLOGIA CLINICA E PATOLOGICA"**

***ASPETTI MORFOFUNZIONALI DEL GINOCCHIO:  
TRAUMATOLOGIA E RIABILITAZIONE***

**Relatore:  
Ch.ma Prof.ssa  
Stefania Montagnani**

**Candidato:  
Emanuele Federici**

**Anno Accademico 2009-2010**

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI  
"FEDERICO II"**

**FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**

**TESI DI DOTTORATO  
IN  
MORFOLOGIA CLINICA E PATOLOGICA**

***ASPETTI MORFOFUNZIONALI DEL GINOCCHIO:  
TRAUMATOLOGIA E RIABILITAZIONE***

**Relatore:  
Ch.ma Prof.ssa  
Stefania Montagnani**

**Candidato:  
Emanuele Federici**

**Anno Accademico 2009-2010**

# **INDICE**

<b>Capitolo I Anatomia e fisiologia articolare del Ginocchio</b>	<b>pag. 1</b>
<b>Capitolo II Anatomia e biomeccanica del ginocchio</b>	<b>» 42</b>
<b>Capitolo III traumi e Riabilitazione del Ginocchio</b>	<b>» 50</b>
<b>Capitolo IV Recupero funzionale del ginocchio protesizzato</b>	<b>» 57</b>
<b>Capitolo V Protocolli di attività motoria</b>	<b>» 71</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>» 106</b>

# Capitolo I

## Anatomia e fisiologia articolare del ginocchio

Il ginocchio è l'articolazione più importante e complessa dell'arto inferiore. Pur avendo un'ampia possibilità di movimento ha una buona stabilità grazie alla presenza dei legamenti. Nel ginocchio possiamo riconoscere una componente ossea ed un apparato capsulo - legamentoso con formazioni tendinee. La parte ossea è costituita da:

- Estremità inferiore del **femore**, rappresentata dalla troclea comprendente i due condili separati dalla gola intercondiloidea;
- Estremità superiore della **tibia** con i suoi piatti tibiali, interno ed esterno;
- **Rotula**, posta anteriormente;
- Interposti tra i condili femorali e i piatti tibiali sono presenti due formazioni fibrocartilaginee predisposte a semi - anello, chiamati **menischi**, la cui funzione è quella di aumentare la congruenza articolare durante il movimento di flessione - estensione e rotazione del ginocchio.

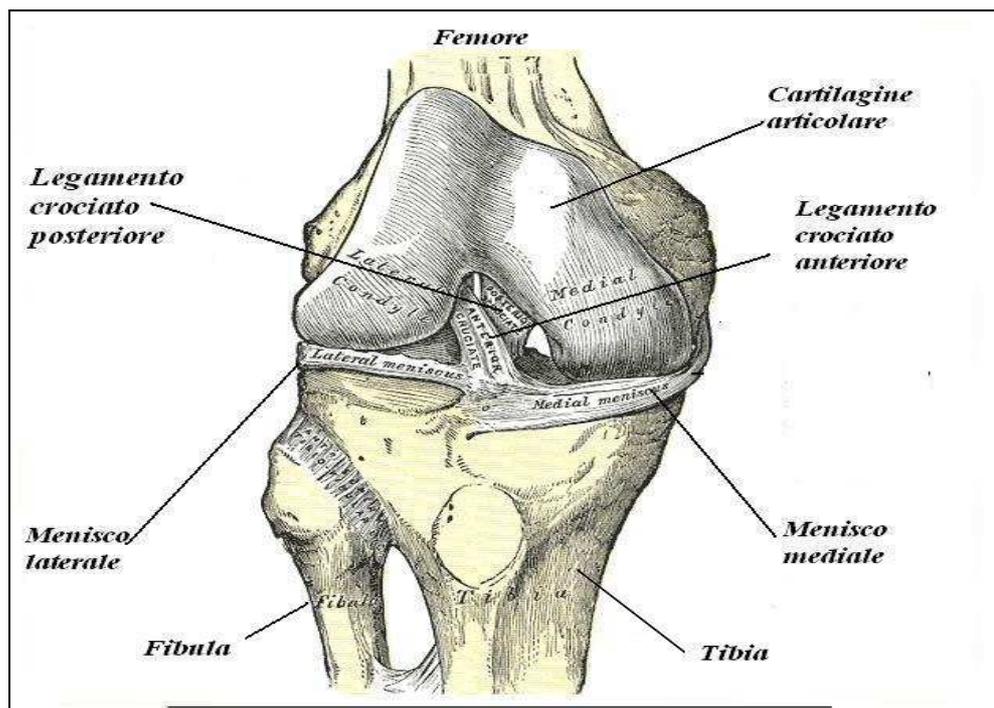
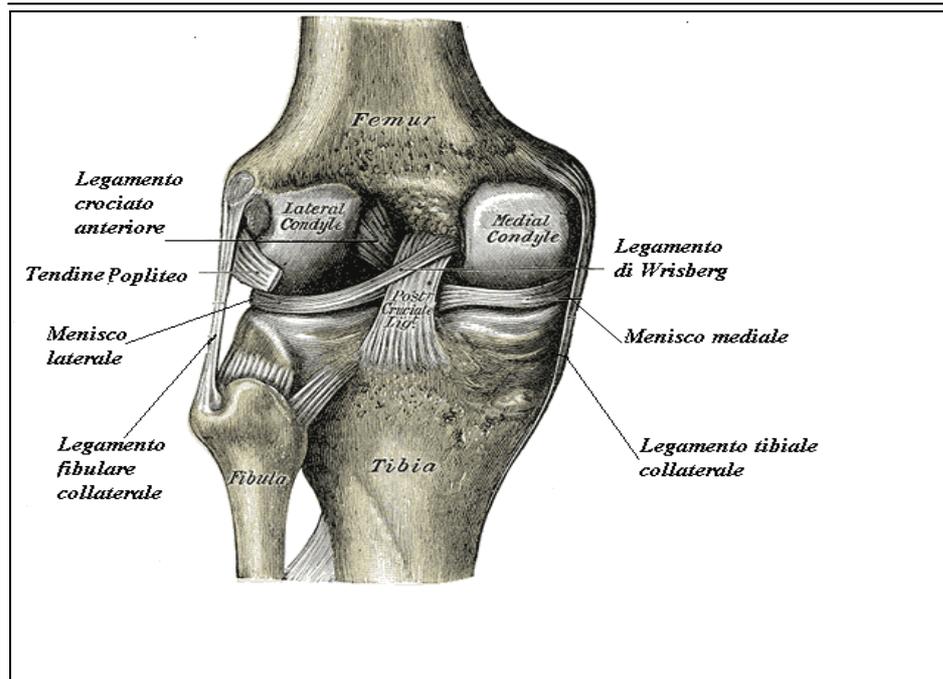


Fig 1 Articolazione del ginocchio: veduta frontale



**Fig 1-1**      *Articolazione del ginocchio: veduta dorsale*

Il menisco interno ha una forma di semi-luna aperta mentre quello esterno ha forma di "C" chiusa. Ciascun menisco ha sezione triangolare ed è composto da una zona posteriore detta "corno posteriore", da una anteriore detta "corno anteriore" e da una regione intermedia detta "corpo meniscale". L'apparato capsulo - legamentoso consente il controllo degli assi di flessione e di rotazione articolare mediante un'azione di stabilizzazione delle componenti ossee. Possiamo distinguere il sistema di unione centrale o "*pivot centrale*" situato nella gola intercondiloidea che è costituito dai due legamenti crociati anteriore (*L.C.A*) e posteriore (*L.C.P*). I due legamenti crociati sono fondamentali per la stabilità in senso anteroposteriore (cioè sul piano sagittale) del ginocchio. Questi due legamenti somigliano a corti e robusti cordoni fibrosi che si incrociano ad "X". Il sistema periferico è formato da un compartimento interno (mediale) e da un compartimento esterno (o laterale). Le strutture più importanti del compartimento interno sono: il legamento collaterale mediale (*L.C.M*) e il legamento posteriore obliquo. Nel compartimento esterno riconosciamo il legamento collaterale laterale (*L.C.L*). I due legamenti collaterali assicurano stabilità al ginocchio in senso medio – laterale.

## 1.1 Componenti ossee

Le componenti ossee costituenti l'articolazione del ginocchio sono il femore distale, la tibia prossimale, la rotula, e approssimativamente, nel 15-20% della popolazione, la fabella .

### 1.1.1 Femore distale

Il femore distale ripartisce il carico sui due condili separati posteriormente dal solco intercondiloideo. Anteriormente, i condili femorali si uniscono a formare l'incisura trocleare, fornendo una superficie articolare per la rotula. I condili si prolungano posteriormente per consentire l'ampio grado di flessione del ginocchio. Entrambi i condili e l'incisura trocleare sono coperti da *cartilagine ialina*<sup>1</sup> articolare indispensabile per i movimenti e per il carico. Gli *epicondili* sono presenti su entrambi i condili. Quello mediale dà inserzione al grande adduttore, il quale prende origine superiormente dal tubercolo dell'adduttore. Questo punto serve anche da sito di attacco per il legamento collaterale mediale. L'epicondilo laterale fornisce l'origine per il legamento collaterale laterale, come anche per il capo laterale del gastrocnemio che origina dalla parte posteriore-superiore di tale regione. Il capo mediale del gastrocnemio origina dalla corrispondente superficie del condilo opposto. Il condilo laterale presenta una incisura che si estende sotto il legamento collaterale laterale e fornisce un solco per il tendine popliteo. Entrambi i condili inoltre, possono essere facilmente palpati, particolarmente quando il ginocchio è flesso a 90°. Il centro di *ossificazione*<sup>2</sup> della regione condiloidea è separato dalla diafisi del femore. L'esame radiografico rileva che esso passa attraverso il tubercolo dell'adduttore. L'ossificazione in questa zona inizia poco prima dei 14 anni di età e termina circa a 16-18 anni. I condili femorali laterale e mediale, sono convessi sia sul piano frontale che sagittale. Entrambi condili hanno un'asse antero - posteriore (AP) maggiore del trasversale. Il condilo laterale è ingrossato in direzione trasversa. Il condilo mediale si allarga posteriormente e medialmente a partire dalla diafisi femorale. Il condilo laterale è maggiormente in linea con la diafisi femorale piuttosto che il condilo mediale. Benché il

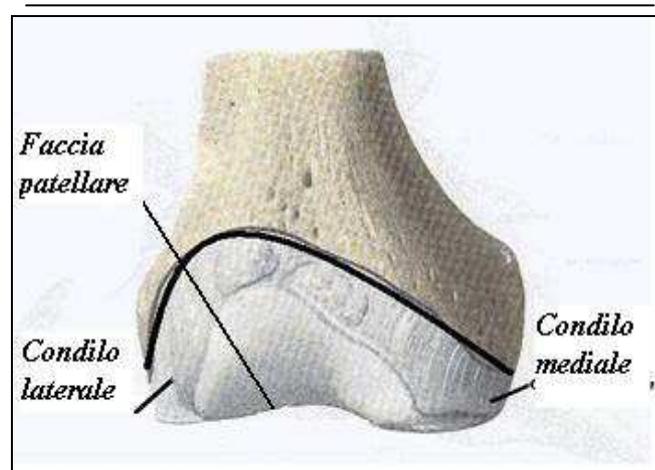
---

<sup>1</sup> **Cartilagine ialina** : tessuto di interconnessione di color bianco - bluastro, è costituita da condrociti che si posizionano in lacune della sostanza intercellulare, da fibre collagene di tipo II e da matrice amorfa, solida, gelificata con proteoglicani e glicoproteine.

<sup>2</sup> **Ossificazione** : biol., processo di formazione del tessuto osseo in cui le cellule mesenchimali indifferenziate si trasformano in osteoblasti ed elaborano strutture fibrillari su cui precipitano sali di calcio formando lamelle ossee sovrapposte l'una all'altra a costituire l'impalcatura ossea.

condilo mediale sia più lungo in direzione P, il condilo laterale ha una maggiore altezza lungo il solco trocleare proteggendolo dalla sublussazione laterale della rotula.

Il raggio di curvatura dei condili non è uniforme, ma varia in relazione al grado di relazione e di scivolamento che si ha durante la flessione. L'allineamento e la forma dei due condili sono due delle caratteristiche strutturali che danno ragione dei peculiari movimenti delle superfici articolari del ginocchio. Le corrispondenti formazioni tibiali e le costrizioni legamentose si uniscono ai condili femorali per permettere una "uniforme articularità" all'articolazione tibio - femorale.

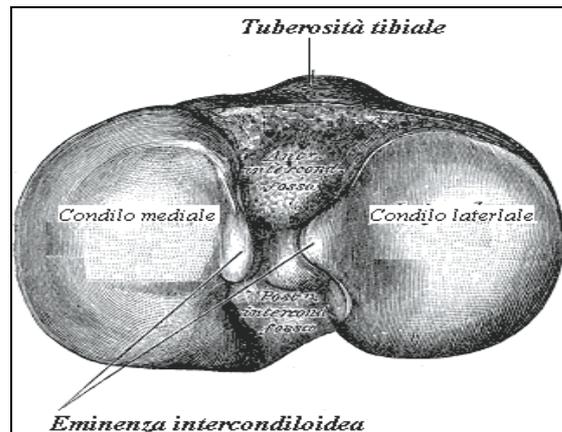


**Fig. 1-2** *Componente dell'articolazione del ginocchio di destra, vista dal davanti. Si dimostra la superficie patellare del femore che continua nella superficie articolare dei condili. La linea nera indica i limiti di inserzione della capsula articolare.*

### *Tibia prossimale*

La tibia prossimale è composta da due piatti separati dalle eminenze intercondiloidee mediali e laterale o spine tibiali. Durante la flessione, queste spine si proiettano nell'incisura intercondiloidea del femore, facilitando la rotazione della tibia lungo il suo asse maggiore. La tuberosità tibiale, situata nell'estremità prossimale del bordo anteriore della tibia, fornisce il sito di attacco per il legamento rotuleo (tendine rotuleo). Quando osserviamo il piano sagittale la tibia prossimale è inclinata posteriormente con i piatti sovrastanti l'asse tibiale. Sulla tibia prossimale è inoltre presente il tubercolo di Gerdy, situato lateralmente e superiormente a metà strada dalla testa del perone e la tuberosità tibiale. Questo offre inserzione al tratto ileo - tibiale. Il piatto tibiale mediale è concavo su entrambi i piani sagittale e frontale. La superficie totale del piatto tibiale mediale è più

larga di quella del laterale così da accogliere l'ingrossamento e la dimensione AP del condilo femorale mediale.

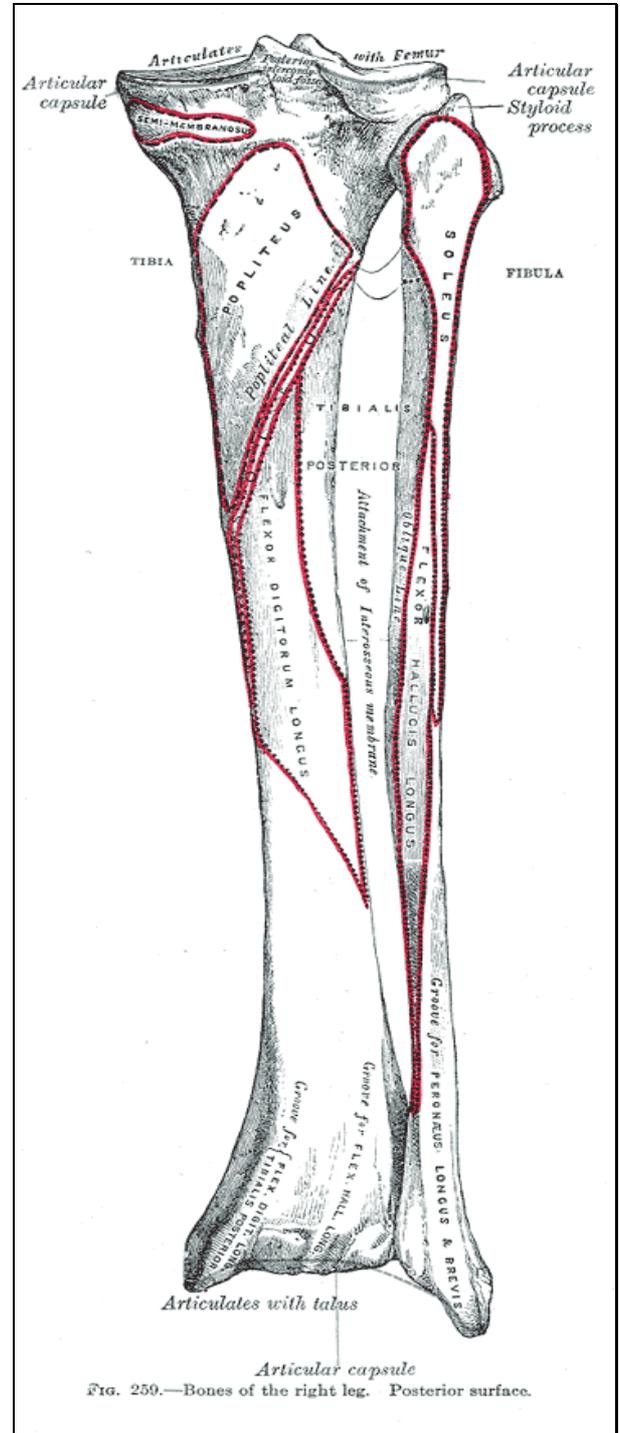
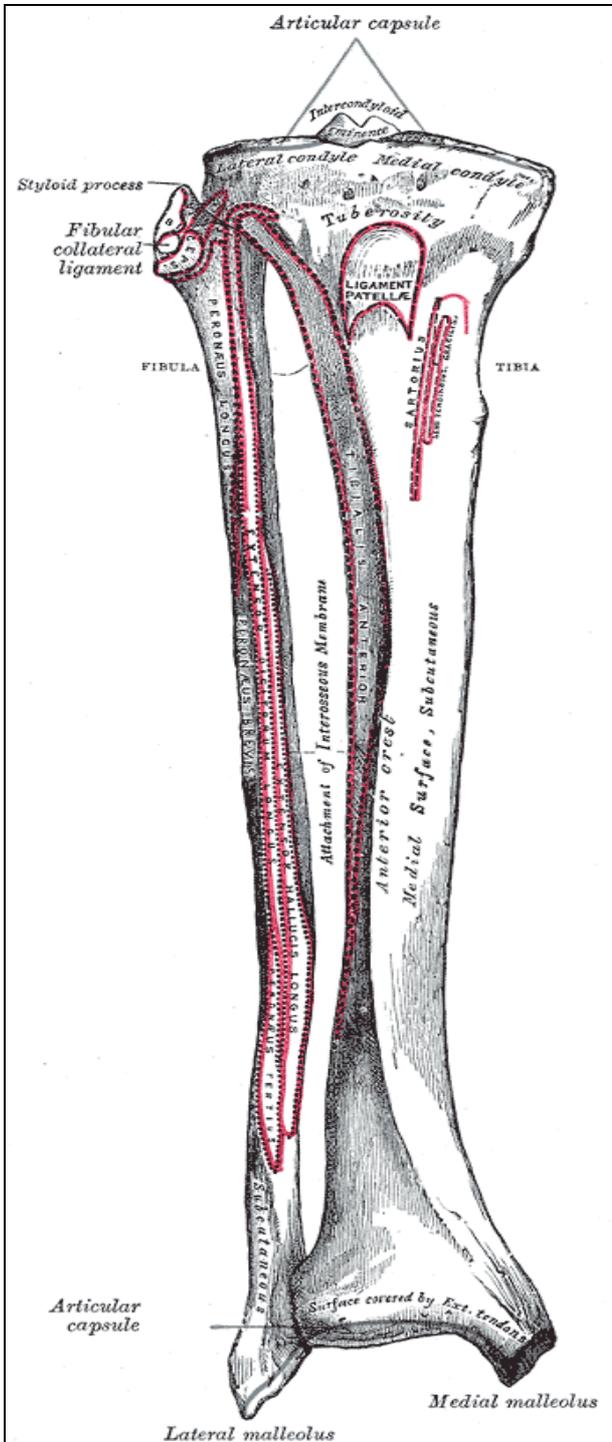


**Fig. 1-3 Tuberosità tibiale**

Questo fornisce al piatto mediale una forma ovale, con l'asse maggiore in direzione A. Il piatto tibiale mediale inoltre, non si estende sopra l'asse della tibia. Il piatto tibiale laterale differisce dal mediale in due aspetti: il primo, l'angolo postero - laterale sovrasta l'asse tibiale, formando una faccetta che si articola con la testa del perone; secondo, benché il piatto laterale mantenga la sua concavità sul piano frontale, esso risulta essere convesso sul piano sagittale. Questa differenza nella "geometria dei piatti tibiali" è indicativa dei differenti movimenti che si hanno tra le superfici articolari dei compartimenti mediale e laterale, particolarmente durante la rotazione della tibia sul femore. Il compartimento mediale permette il verificarsi della rotazione entro i confini del piatto tibiale, mentre sul lato laterale si verifica un maggior grado di traslazione. L'ossificazione della tibia prossimale avviene separatamente dalla diafisi, come accade nel femore. La linea epifisaria passa attraverso la tuberosità tibiale. L'ossificazione della tuberosità si verifica spesso separatamente dai piatti, formando un proprio centro di ossificazione all'età di 12 anni. Sia il femore distale che la tibia prossimale contengono un sistema di *trabecole*<sup>3</sup> all'interno della porzione spugnosa dell'osso. Queste trabecole si allineano con le linee di maggiore pressione. Le trabecole del condilo femorale devono resistere a grandi forze compressive. Il loro allineamento del condilo mediale è pressoché perpendicolare, mentre una certa obliquità verso l'esterno è presente sul compartimento laterale. Sono anche presenti trabecole trasverse che formano un disegno cubico all'interno dei condili.(Fig1-3). Il sistema trabecolare dei piatti tibiali è diverso, rispecchiando un differente tipo di pressione

<sup>3</sup> **Trabecola** : anat., fibra di sostegno o setto che, partendo da una capsula o da setti fibrosi contenenti il parenchima di un organo, si spinge verso il suo interno, formando con le altre fibre di sostegno una parte essenziale dello stroma.

in questa area. Nelle spine tibiali è presente un disegno verticale mentre trabecole orizzontali ed oblique rinforzano il piatto mediale e laterale.



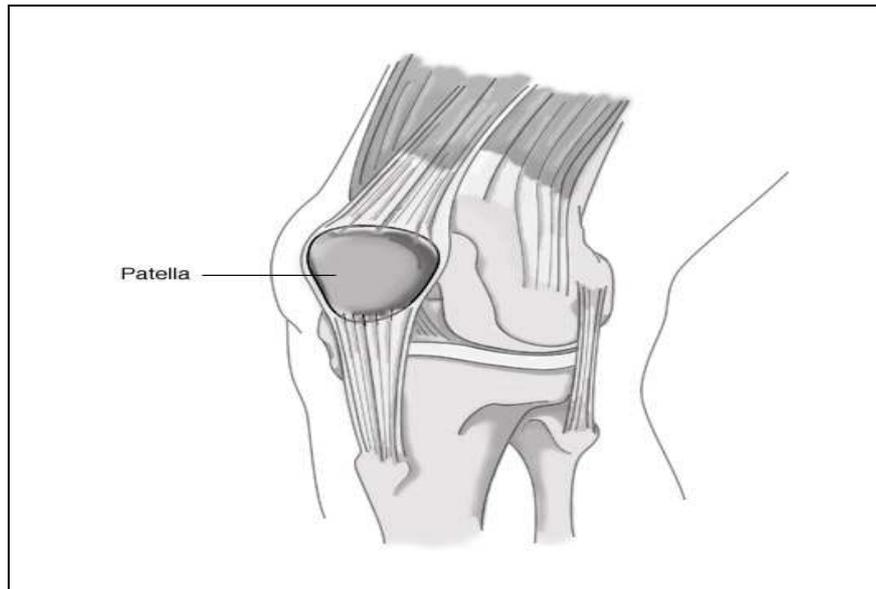
**Fig. 1-4 Tibia : Aspetto della superficie anteriore e della superficie posteriore, modello della gamba destra.**

## *Rotula*

La rotula o *patella* è il più grande osso sesamoide del corpo. I componenti ossei dell'articolazione femoro - rotulea sono l'incisura trocleare del femore e le faccette patellari. La rotula è inglobata nella inserzione tendinea del muscolo quadricipite femorale il quale converge a formare il tendine rotuleo. La rotula ha forma triangolare con ampia base prossimale ed un apice distale se vista sul piano frontale. La sezione trasversa mostra anche una forma triangolare con una apice posteriore ed una larga base anteriore formata dalla superficie non articolare della rotula. La superficie posteriore si articola con il femore attraverso una serie di sette faccette. Posteriormente, la superficie della rotula è coperta da *cartilagine articolare*<sup>4</sup> la quale può essere alta fino a 10 mm, la più spessa del corpo umano. Questo è un indicatore della grandezza delle forze applicate sull'articolazione femoro - rotulea. La cresta centrale divide la rotula in complesso di faccette laterale e mediale. Ogni complesso ha tre faccette: la *superiore*, la *media* e la *inferiore*. Il complesso di faccette mediali ha anche una faccetta in più localizzata sul lato mediale e distale. Questa faccetta è detta di flessione o *faccetta impari (Odd Facet)*, poiché essa si articola con il femore solamente durante la flessione estrema. Le normali faccette rotulee sono concave al fine di articolarsi dolcemente con i condili femorali convessi. Lateralmente il complesso delle faccette è più largo, corrispondendo alla parete laterale dell'incisura trocleare. L'apice o parte inferiore della rotula non si articola con il femore, e neanche la rotula nel suo complesso si articola con la tibia. In flessione completa, comunque, il legamento rotuleo può venire in contatto con la superficie anteriore della tibia. Alla nascita la rotula è cartilaginea ed è sottoposta ad alcune variazioni morfologiche durante l'ossificazione, con particolare riguardo allo sviluppo della faccetta impari. Al contrario, il solco trocleare è già formato alla nascita e non fornisce cambiamenti di forma. Le trabecole sono allineate secondo le linee di forza applicata sulla rotula. Un gruppo di trabecole si origina dalla superficie articolare posteriore, si proietta perpendicolarmente e poi si irradia superiormente. Un secondo gruppo si dirige orizzontalmente e parallelamente alla superficie anteriore. In questo modo, la rotula è rinforzata contro la pressione indotta dal contatto con l'articolazione, come pure dalle forze di trazione imposte dalle contrazioni muscolari e dalle costrizioni dei tessuti molli.

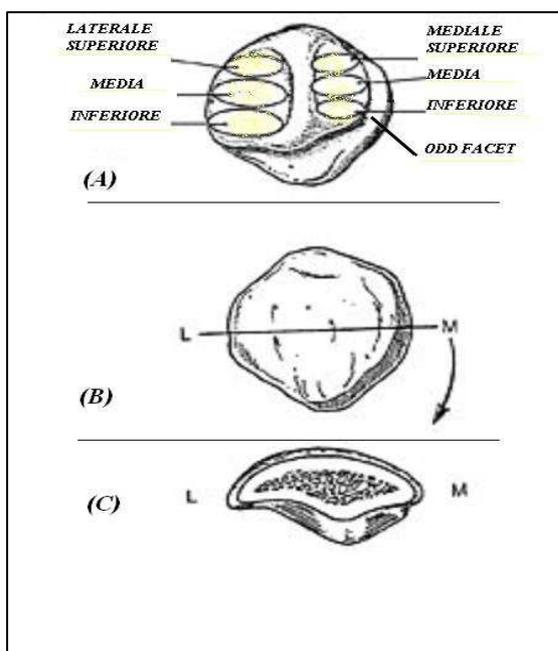
---

<sup>4</sup> *Cartilagine articolare* : anat., tessuto connettivo consistente e flessibile, che nell'uomo costituisce la struttura di organi particolari.



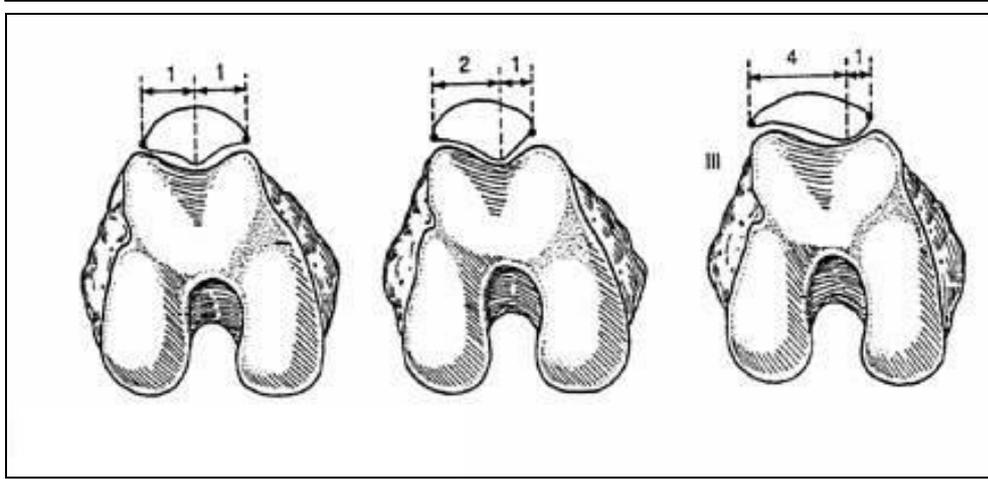
**Fig. 1-5** *Rotula o patella*

Come detto, la cartilagine articolare della rotula è la più spessa del corpo umano ed è unica poiché non segue precisamente il profilo dell'osso sottostante; infatti, l'apice osseo coincide con quello cartilagineo solo nel 15% dei casi (nella visione sul piano assiale), nel 60% dei casi l'apice cartilagineo è laterale rispetto a quello osseo, nel 25% dei casi è mediale. Un'analoga situazione si può riscontrare dal lato trocleare, in cui il punto più basso della troclea non sempre raggiunge quello della cartilagine articolare. Vista di lato la rotula ha una forma grossolanamente rettangolare con un segmento triangolare attaccato al margine distale, costituito dal polo inferiore non articolare. Negli individui normali, la lunghezza dell'asse maggiore (diagonale) della rotula è 1,2-1,5 volte quella della superficie articolare; questo rapporto è importante nella diagnostica rotulea per immagini. In sezione assiale, l'osso rotuleo è a forma di V, con la branca laterale più lunga.



**Fig. 1-6** *Le sette faccette della rotula* (A)  
*Visione superiore della rotula* (B)  
*Sezione trasversale della rotula* (C)

**Wiberg**<sup>5</sup> (1941) ha proposto una classificazione basata sull'aspetto morfologico della rotula ottenuto tramite radiografie in proiezione assiale; infatti, in base alle dimensioni e alla concavità o convessità delle faccette mediale e laterale descriveva tre tipi di rotula o meglio di configurazioni femoro - rotulee ( Fig.1-7a):

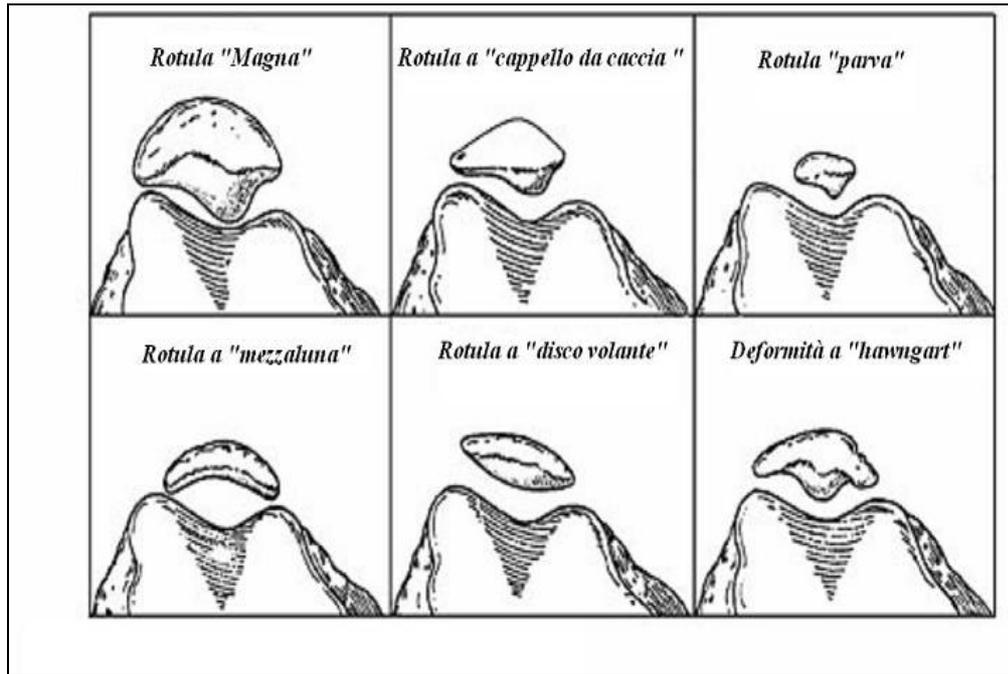


**Fig. 1-7a** *La classificazione morfologica secondo Wiberg*

Pertanto è possibile appurare ad una distinzione meramente morfologica :

- **TIPO 1**: caratterizzato dalla presenza di concavità su entrambe le faccette uguali per dimensioni e con un legame molto forte con il solco femorale.
- **TIPO 2**: faccetta mediale più piccola rispetto alla laterale e piatta con comunque ancora un buon legame con il solco femorale.
- **TIPO 2 bis**: faccetta mediale più piccola rispetto alla laterale e convessa con un non buon legame con il solco femorale.
- **TIPO 3**: faccetta mediale molto più piccola rispetto alla laterale e solco femorale poco profondo con conseguente instabilità parziale della rotula.
- **TIPO 4**: deformità del tipo di jagerhut (cappello da caccia) con grave instabilità.

<sup>5</sup> *La classificazione morfologica* secondo Wiberg si basa sulla veduta assiale in posizione di Merchant. (Larsen e Lauridsen et al) 83.



**Fig. 1-7b** *Alcune tipiche variazioni anatomiche della rotula*

### *Fabella*

Osso sesamoide presente nel 15-20% circa del popolazione. La fabella quando presente è posizionata nell'angolo posteriore - laterale del ginocchio all'intersezione dei legamenti popliteo obliquo ed arcuato ed il tendine del capo laterale del gastrocnemio. Quando la fabella è presente, la capsula postero - laterale è rinforzata da una combinazione dei legamenti arcuato e fabello - peroniero. In assenza della fabella, il legamento arcuato è generalmente l'unica struttura presente.

### *La fibula o perone*

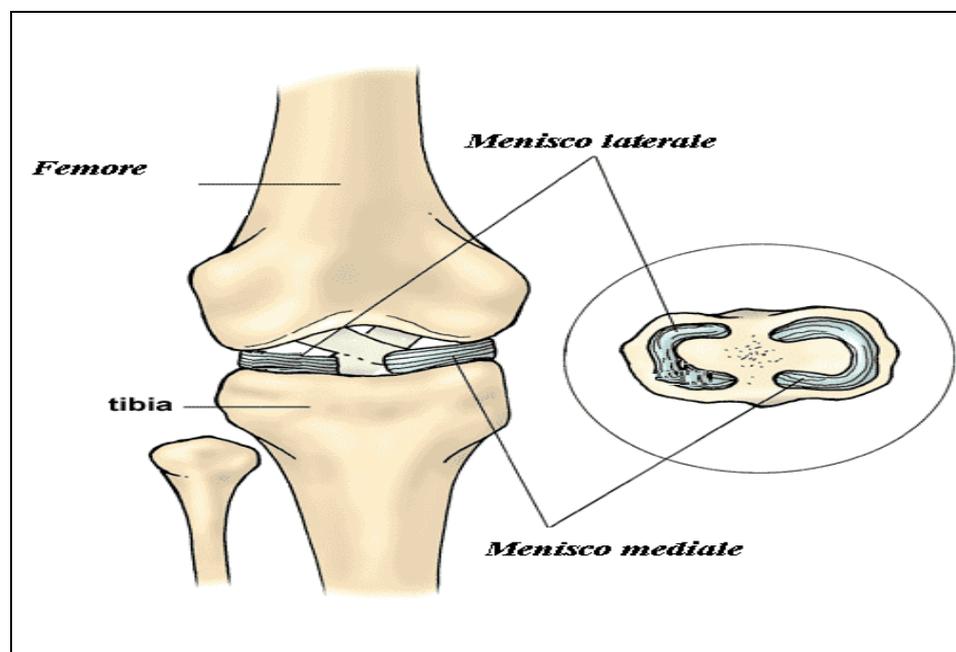
E' un osso lungo, laterale rispetto alla tibia, più sottile di quest'ultima e che presenta un corpo e due estremità. Il corpo è rettilineo, con forma prismatica triangolare. La sola faccia liscia, salvo che al centro dove offre inserzione ai muscoli peronieri mediante una concavità, è quella laterale. Delle altre due, quella mediale è percorsa dalla cresta interossea, quella posteriore è rugosa a causa delle varie inserzioni muscolari offerte. L'estremità superiore presenta una faccetta articolare piana, diretta in alto e medialmente, in rapporto con la faccetta articolare della tibia. Lateralmente offre a considerare una sporgenza piramidale: il processo stiloideo della fibula, punto d'inserzione del bicipite femorale. L'estremità inferiore si rigonfia originando il malleolo laterale, la sua superficie

mediale si articola in alto con la corrispondente faccetta tibiale e, in basso con la superficie articolare dell'astragalo. La faccia laterale del malleolo corrisponde ai tegumenti.

## 1.2 Componenti molli tissutali

### 1.2.1 I Menischi

Il ginocchio ha due menischi, entrambi formati da fibrocartilagine. I menischi giacciono sulla circonferenza dei piatti tibiali, seguendo il loro profilo. Il menisco mediale è di forma semilunare ed è più ampio posteriormente che anteriormente. Perifericamente, il menisco è estesamente legato alla tibia tramite la capsula fibrosa per mezzo dei legamenti coronari. Anteriormente il menisco mediale riceve un ramo del legamento menisco - rotuleo. In aggiunta il corno anteriore del menisco è uno dei siti di attacco del legamento trasverso, il quale lega i menischi laterale e mediale. Sul lato mediale il menisco è saldamente legato alla capsula così come alla porzione profonda del legamento collaterale mediale. Il corno posteriore del menisco riceve un ramo del tendine semimembranoso e si inserisce nello spazio intercondiloideo della tibia appena avanti al legamento crociato posteriore. L'inserzione del menisco laterale alla capsula non è estesa come quella sul lato mediale. Anteriormente, il menisco laterale riceve un ramo del legamento menisco-rotuleo, come anche il legamento trasverso.

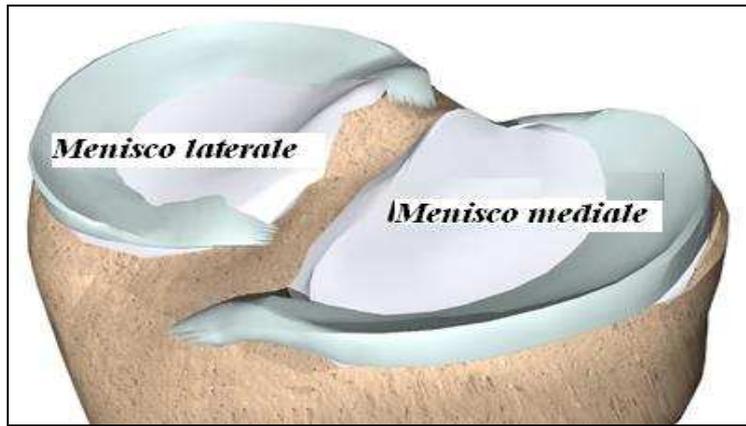


**Fig. 1-8** Immagine di menisco in relazione rispettivamente al femore e dalla tibia

Il menisco laterale ha una forma più circolare rispetto la mediale(Figura1-8); perciò il legamento trasverso si lega alla curvatura anteriore del menisco piuttosto che sfioccarsi

nell'estremità. Lateralmente, il menisco è debolmente legato alla capsula e non si lega al legamento collaterale laterale. Posteriormente, il menisco laterale può ricevere fibre dai legamenti postero-laterali della capsula e dal LCP. Il tendine popliteo invia un ramo nel menisco quando passa in alto e sopra la rima del condilo femorale laterale attraverso lo iato popliteo. Il menisco deve svolgere molti ruoli all'interno del ginocchio, tra cui sopportare il carico, l'assorbimento degli urti, la stabilizzazione dell'articolazione e la lubrificazione. La capacità del menisco di eseguire queste funzioni dipende dalla sua *composizione tessutale* ed alla locale *architettura*. Il menisco è a forma di cuneo, con le proprie fibre collagene sistemate in tre differenti direzioni. Le fibre della superficie giacciono disposte casualmente. I gruppi di fibre all'interno del tessuto hanno principalmente una disposizione circonferenziale, la quale resiste alla "pressione circonferenziale" sviluppata all'interno del menisco. Le restanti fibre interne sono orientate radicalmente (*tie fibers*). I menischi adempiono a due funzioni meccaniche. Primo, essi agiscono al fine di mantenere lo spazio articolare fungendo da ammortizzatori, quando forze di compressione sono applicate al ginocchio; secondo, essi migliorano la congruenza dell'articolazione. La dislocazione dei menischi nei compartimenti mediale e laterale, fornisce una superficie concava per l'articolazione tra i condili femorali convessi e i piatti tibiali relativamente convessi. L'accresciuta congruenza migliora la stabilità articolare e riduce la pressione di contatto sulle superfici articolari del ginocchio.

*I menischi si muovono durante la flessione, estensione e la rotazione del ginocchio.* Il menisco mediale ha inserzioni capsulari e legamentose più estese che limitano il suo movimento a meno della metà del menisco laterale. Il menisco mediale ha una escursione AP di circa 5 - 7 mm; il laterale muove per circa 11 mm. Durante l'estensione i menischi sono trascinati avanti dai legamenti menisco rotulei i quali trasmettono la tensione generata dalla contrazione del gruppo quadricipite. Durante la flessione, il menisco mediale è tirato posteriormente dall'inserzione del muscolo semimembranoso. Il menisco laterale è tirato posteriormente dal tendine popliteo.

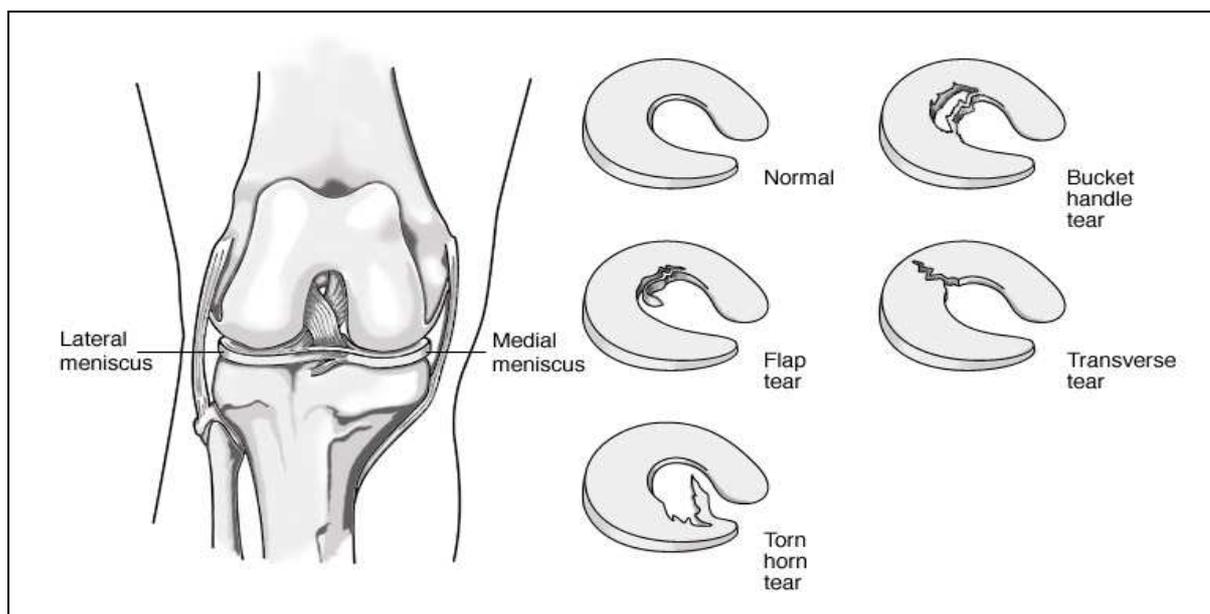


**Fig. 1-9** *Immagine virtuale di menisco laterale e menisco mediale*



**Fig.1-10** *Modello di ginocchio ricostruito artificialmente*

Recenti ricerche indicano che l'escursione media dei corni anteriori di entrambi i menischi è più grande di quella dei corni posteriori. Durante la rotazione, i menischi si muovono in direzione opposta a quella dei rispettivi piatti tibiali. La rotazione esterna della tibia sul femore induce il menisco mediale a muoversi posteriormente, mentre il menisco laterale si muove anteriormente. L'opposto si ha con la rotazione tibiale interna. Questi movimenti meniscali hanno luogo a causa della tensione passiva generata dai legamenti menisco-rotulei e della geometria dei condili femorali. I menischi sono vascolarizzati lungo la loro circonferenza attraverso le inserzioni capsulari, mentre i bordi interni dei menischi sono essenzialmente avascolari. Il menisco mediale è vascolarizzato nel terzo esterno. Il menisco laterale ha un rifornimento di sangue limitato al 25 % esterno.



**Fig. 1-11** Immagine di menisco laterale e menisco mediale con anesse possibili compromissioni degli stessi.

### 1.2.2 Capsula Articolare

La capsula articolare é un manicotto fibroso, che avvolge i due capi articolari inserendosi di regola, dall'una e dall'altra parte, sui margini delle cartilagini di incrostazione, ove continua nel periostio. La capsula é costituita da tessuto connettivo denso a fasci intrecciati; spesso é infiltrata di grasso. In profondit  allo strato fibroso della capsula, si addossa uno strato o membrana sinoviale, di natura anch'essa connettiva, la quale mostra due aspetti strutturali diversi. In alcuni settori si presenta come un esile strato connettivale; in altri settori , invece, lo strato sinoviale é pi  spesso.

La *capsula articolare*<sup>6</sup> del ginocchio e la pi  estesa capsula sinoviale dell'uomo, coprendo i condili femorali, il piatto tibiale e la rotula. La capsula contorna tutte le superfici articolari e si inserisce nell'osso il quale   *butterato* da " forami vascolari " lungo questa area. Le inserzioni femorali sono appena prossimali ai condili mediali e laterali, escludendo l'area della superficie poplitea e parte dell'incisura intercondiloidea. Anteriormente, la capsula si inserisce intorno al margine della rotula e sale 2 o 3 cm prossimalmente a formare il recesso soprarotuleo. L'inserzione tibiale si ha lungo i margini delle superfici articolari dei piatti, escludendo le spine tibiali e le porzioni della regione interconiloidea anteriore. Kapandji descrive la forma della capsula come un cilindro con una finestra anteriore per la

<sup>6</sup> **Capsula articolare:** si classifica tra i principali i mezzi di connessione tra le articolazioni; manicotto di tessuto connettivo denso-fibroso, che si inserisce tra i segmenti ossei in connessione rivestendo completamente l'articolazione.

rotula. La sinoviale si invagina anteriormente, rendendo i legamenti crociati extrasinoviali ma intrarticolari. La capsula anteriore si inserisce attorno alla cresta anteriore della rotula. Più superficialmente, il retinacolo mediale e laterale rappresentano l'espansione fibrosa rispettivamente del vasto mediale e vasto laterale. Questi retinacoli si estendono lungo tutto la loro porzione capsulare, distalmente verso i piatti tibiali e posteriormente ai legamenti collaterali. Il retinacolo laterale contiene inoltre una espansione del tratto ileo - tibiale. Medialmente, la capsula si ispessisce tra la parte superiore della rotula e l'epicondilo mediale, formando i legamenti femoro - rotulei mediali. Il legamento menisco - rotuleo mediale si inserisce nel terzo inferiore della rotula e sulla faccia anteriore del menisco mediale. Questa disposizione dei legamenti femoro - rotulei e menisco - rotulei è identica nella parte laterale.

### 1.2.3 I Legamenti

La funzione dei legamenti femoro - rotulei in unione con i retinacoli è quella di provvedere alla stabilizzazione passiva della rotula in direzione medio - laterale. Le strutture laterali sono più robuste di quelle mediali, in parte ciò è dovuto all'espansione del tratto ileo - tibiale. Il condilo femorale laterale essendo più elevato sul piano sagittale fornisce anche una stabilizzazione statica alla rotula, riducendo la necessità di una forte stabilizzazione capsulare sul lato mediale. Nel centro della capsula mediale, il legamento collaterale mediale, o tibiale si divide in due parti. La parte profonda del legamento consiste in un fascio di fibre orientate verticalmente che si estendono dal bordo del condilo femorale mediale alla circonferenza del piatto tibiale mediale, con una forte inserzione al menisco mediale.

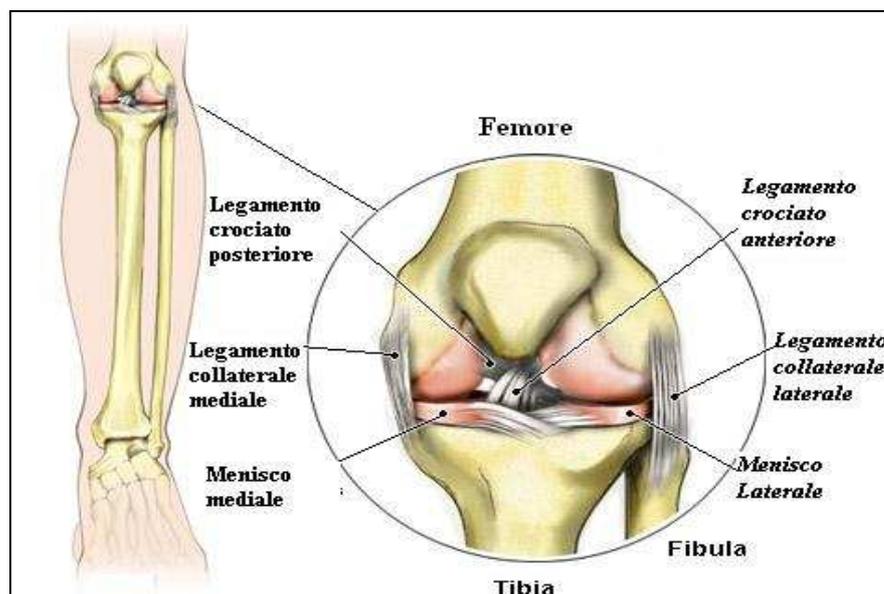
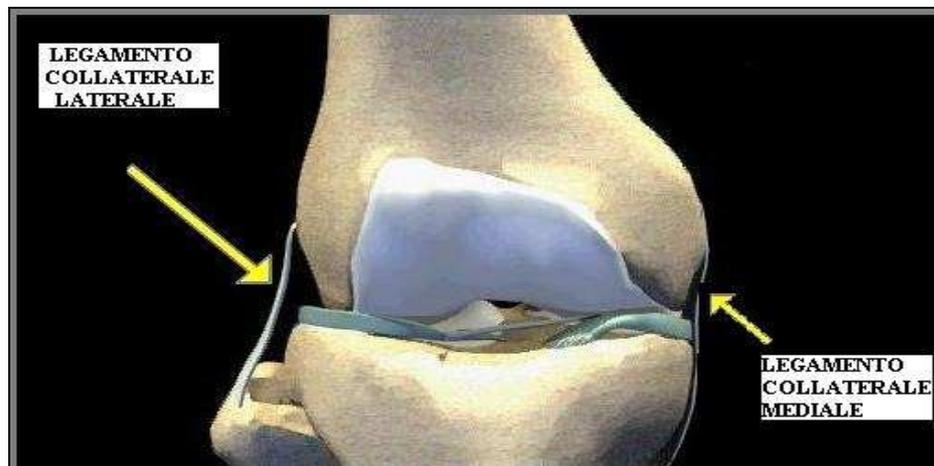


Fig. 1-12 Immagine di ginocchio e legamenti annessi

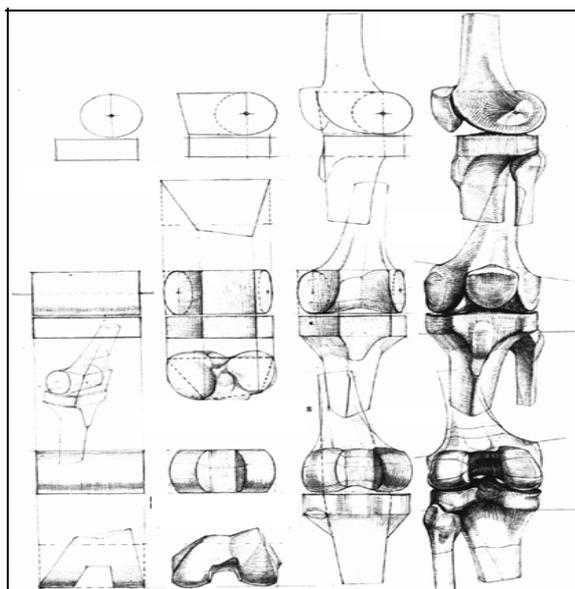
Il legamento collaterale mediale superficiale si dirige dall'origine a forma di ventaglio appena al di sotto del tubercolo dell'adduttore del condilo mediale, all'inserzione distale, 3 o 4 cm al di sotto del piatto tibiale, sotto i tendini della zampa d'oca, dalla quale è separato da una borsa. Warren e Marshall considerano il legamento superficiale e la capsula separati, eccetto che posteriormente dove si trovano riuniti. Il legamento superficiale, similmente al profondo, ha un orientamento verticale, ma contiene anche un fascio di fibre che si dirigono obliquamente unendosi al braccio del semimembranoso per rinforzare l'angolo postero-mediale della capsula. Hugston ed Eilers chiamano questo ispessimento dell'angolo postero - mediale, legamento obliquo posteriore. La funzione di questa struttura è quella di provvedere a limitare la rotazione antero - mediale della tibia. Una parte della capsula posteriore, rinforzata da un ramo dal semimembranoso, si inserisce alla circonferenza del menisco mediale. Questa inserzione mette in condizione il muscolo di tirare il menisco posteriormente durante la flessione del ginocchio. Continuando sull'aspetto posteriore del ginocchio, il tendine popliteo, il capo laterale del gastrocnemio, il complesso arcuato ed il legamento fabello - peroniero rinforzano la parte postero-laterale del ginocchio. Nella sua parte più profonda, la capsula posteriore e laterale si inserisce al bordo esterno del menisco laterale tramite il legamento coronario. Il tendine popliteo passa attraverso uno iato nel legamento coronario quando esso si inserisce sul condilo femorale laterale.



**Fig. 1-13** *Legamento collaterale laterale e legamento collaterale mediale*

Il complesso arcuato è un gruppo di fibre capsulari profondo a forma di Y che si portano dalla testa del perone sul bordo posteriore della regione intercondiloidea della tibia e del condilo femorale laterale. Il legamento fabello - peroniero si inserisce al processo stiloideo della testa del perone mescolandosi con una parte del complesso arcuato e va ad inserirsi sul condilo femorale laterale. Quando è presente una fabella di grosse dimensioni il legamento fabello - fibulare può essere largo ed il complesso arcuato piccolo o assente. Al

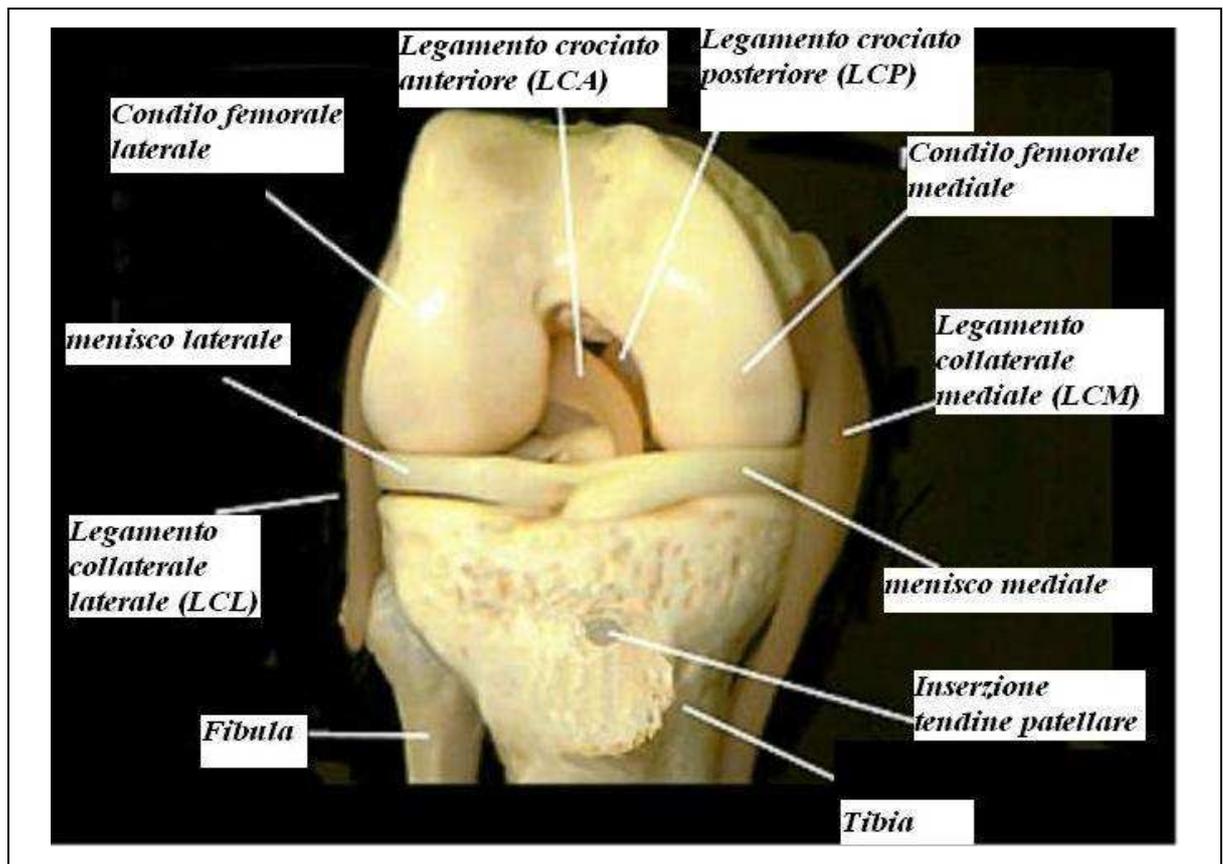
contrario il legamento fabello - bulare è assente nel 15-20 % della popolazione. Completano l'aspetto postero-laterale del ginocchio il legamento popliteo obliquo ed i legamenti di Wrisberg ed Humphrey. Il legamento popliteo obliquo è un'altra espansione del tendine semimenbranoso, il quale si unisce con la capsula posteriore e si inserisce al condilo femorale laterale. I legamenti di Wrisberg ed Humphrey frequentemente mancano, ma quando sono presenti si portano dal condilo femorale mediale ad inserirsi nelle vicinanze del corno posteriore del menisco laterale, rinforzando la capsula durante la rotazione. La parte laterale della capsula è rinforzata dal legamento fibule o collaterale laterale. Questo legamento ha origine sull'epicondilo laterale appena al di sopra l'inserzione del tendine popliteo e termina sulla testa del perone. Il legamento collaterale laterale divide l'espansione fibrosa del tendine del bicipite femorale quando esso si porta in basso verso l'inserzione fibulare. Il legamento collaterale laterale non si lega al menisco laterale. Il **legamento crociato anteriore** (LCA) ed il **legamento crociato posteriore** (LCP) occupano completamente la regione tra gli spazi intercondiloidei di femore e tibia. Girgis e Marshall (19), Van Dijk e Muller hanno studiato le proprietà dei legamenti crociati. Il **LCA** origina sulla tibia nella regione appena anteriore all'eminanza intercondiloidea mediale. Il LCA ha un'inserzione sulla tibia larga ed oblunga. L'inserzione sul femore è a forma di semicerchio, posizionato sulla superficie mediale del condilo femorale laterale. Il semicerchio è curvato sul suo lato posteriore e diritto sull'anteriore. Il LCA risulta composto minimo da due fasci, l'antero - mediale ed il posero - laterale. I fasci sono evidenti macroscopicamente ma non microscopicamente. Il fascio antero - mediale è teso in flessione, ed il postero - mediale è teso in estensione. La tensione è presente in alcune parti del LCA per tutta l'estensione del movimento del ginocchio. Il **LCP** si inserisce sulla superficie laterale del condilo femorale mediale con un largo sito di inserzione. Il legamento crociato posteriore è localizzato più anteriormente sul femore rispetto al LCA. L'inserzione tibiale è localizzata posteriormente al LCA sulla fossa intercondiloidea posteriore e sulla parte posteriore dei piatti tibiali. Il LCP si estende lungo la superficie posteriore della tibia prossimale. Il LCP può essere diviso in due fasci di fibre, postero-mediale ed antero - laterale. Un fascio di rinforzo obliquo rinforza il fascio postero - mediale. In estensione, le fibre di rinforzo postero - mediali ed oblique sono in tensione, mentre il fascio antero - laterale è rilasciato. Quando il ginocchio si flette si verifica l'opposto, con il fascio antero - laterale divenuto teso.



**Fig. 1-14 Articolazione del ginocchio**

#### *1.2.4 Borse*

L'articolazione del ginocchio è circondata da numerose borse. Queste includono la borsa prerotulea superficiale, la borsa infrarotulea profonda, e la borsa soprarotulea, tutte situate sulla faccia anteriore dell'articolazione. Una borsa è situata tra il capo del muscolo gastrocnemio e la capsula articolare su entrambi i lati, mediale e laterale. C'è una borsa tra il legamento collaterale ed il bicipite femorale ed il tendine popliteo. Borse esistono anche tra il legamento collaterale mediale ed il condilo femorale. La borsa soprarotulea, della zampa d'oca, l'infrarotulea e la borsa collaterale femorale del condilo mediale sono tutte importanti nella valutazione del dolore dell'articolazione del ginocchio. Un'altra importante struttura nel ginocchio anteriore è il cuscinetto adiposo infrarotuleo, localizzato tra il legamento rotuleo ed il sottostante osso e tessuto sinoviale. L'irritazione del cuscinetto adiposo infrarotuleo può essere causata da carichi compressivi ripetuti tra il legamento rotuleo e le sottostanti strutture. Il cuscinetto adiposo infrarotuleo è implicato anche nelle complicazioni associate a perdita del movimento del ginocchio e rotula bassa susseguenti alla ricostruzione del crociato anteriore .



**Fig. 1-15 Immagine di ginocchio in flessione**

### **1.3 Articolazione del ginocchio**

L'articolazione del ginocchio è composta dall' **articolazione tibio - fibulare prossimale**, dall' **articolazione tibio - fibulare distale** e dall'**articolazione femoro-rotulea**. Tale articolazione è responsabile del movimento di flessione-estensione. Ai movimenti di flessione partecipano il muscolo del Bicipite Femorale, semitendinoso, semimembranoso, sartorio, gracile. A quello di estensione il quadricipite femorale, che risulta essere costituito da 4 capi : vasto laterale, vasto mediale, vasto intermedio, e retto femorale, le cui fibre si inseriscono in un unico e robusto tendine che si inserisce nella rotula. Il migliore e più completo degli esercizi eseguibili per lo sviluppo di tale muscolo è rappresentato dallo SQUAT (o accosciata) con bilanciere, manubri o macchine preposte. Se non eseguito in maniera perfetta può causare danni alla schiena e alle gambe. L'articolazione del ginocchio è assai complessa, sia sotto il profilo della classificazione che dal punto di vista funzionale. Le superfici articolari del ginocchio, infatti, lascerebbero supporre un'ampia escursione di movimento, al contrario questo si scontra con i limiti posti dall'apparato legamentoso che li riduce alla sola flessione-estensione. A livello del ginocchio si

verifica la trasmissione del peso corporeo alla gamba, il che conferisce all'articolazione anche un importante compito statico. Il femore partecipa all'articolazione con la superficie patellare anteriore, a forma di troclea, e con le superfici articolari dei condili. La tibia prende parte con la sua estremità superiore, facendo coincidere le due cavità glenoidee con i condili femorali. Le cavità glenoidee sono poco profonde e, tra loro, si interpone un'area non articolare, leggermente in rilievo: l'eminanza intercondiloidea. La patella partecipa all'articolazione con la sua superficie posteriore, corrispondente alla troclea femorale.

L'armonia fra le superfici articolari di femore e tibia è stabilita da due menischi, uno laterale, l'altro mediale. Hanno la forma di semianelli e, il loro spessore, diminuisce procedendo dall'esterno verso l'interno. Con le loro estremità si fissano sulla porzione intercondiloidea della tibia e, anteriormente, sono fra loro uniti dal legamento trasverso del ginocchio. I mezzi d'unione sono rappresentati da una capsula articolare e da legamenti di rinforzo. Lo strato fibroso della capsula articolare costituisce un breve e robusto manicotto, lasso anteriormente. La capsula si fissa ai margini dell'osso a livello della rotula, assottigliandosi al di sopra e al di sotto. La sinoviale ne tappezza la superficie interna, prolungandosi anteriormente al di sotto del muscolo quadricipite, formando la borsa sinoviale sovrapatellare; posteriormente forma una doccia che accoglie i legamenti crociati; lateralmente riveste la superficie interna della capsula fibrosa, per poi ripiegarsi sulle superfici ossee intraarticolari. Si interrompe a livello dei menischi a causa della loro forte aderenza con la capsula fibrosa. I numerosi ispessimenti della capsula fibrosa formano i legamenti anteriori, posteriori, laterali e crociati. Il legamento anteriore è il tratto sottopatellare del tendine del muscolo quadricipite femorale, nel cui spessore risulta inclusa la stessa patella. Il legamento posteriore è formato dai gusci dei condili e dal legamento mediano, intercondiloideo. I legamenti crociati sono intracapsulari e si trovano in un piano verticale tra i condili femorali. Il legamento crociato anteriore si diparte al davanti dall'eminanza intercondiloidea e si porta alla faccia mediale del condilo laterale del femore; il legamento crociato posteriore si estende posteriormente all'eminanza intercondiloidea alla faccia mediale del condilo mediale del femore. La cavità articolare del ginocchio è la più ampia di tutte le articolazioni, includendo l'articolazione femoropatellare e la borsa sovrapatellare.

### *1.3.1 Articolazione tibio - fibulare prossimale*

È una artrodiartrosi che si stabilisce fra la faccia fibulare della tibia, ovalare e pianeggiante, e la corrispondente superficie del capitello. I mezzi d'unione sono rappresentati dalla capsula articolare, fissata sul contorno delle superfici articolari, da due legamenti propri, e da un

legamento interosseo a distanza. I legamenti propri sono ispessimenti della capsula fibrosa, il legamento interosseo è una dipendenza della membrana interossea della gamba.

### *1.3.2 Articolazione tibio - fibulare distale*

E' una sinartrosi tra le estremità distali di tibia e fibula. La tibia presenta una faccetta articolare incavata a doccia, denominata incisura fibulare, in rapporto con una superficie rugosa o piana della fibula. Entrambe le facce, congiunte da un robusto legamento fibroso interosseo, sono rivestite da periostio. I fasci fibrosi del legamento costituiscono, oltre le estremità delle due ossa, i legamenti anteriori e posteriori del malleolo laterale, entrando a far parte dell'apparato di supporto dell'articolazione in oggetto. Sporadicamente, le superfici articolari, non sono rivestite da cartilagine, in questo caso l'articolazione è considerata un'artrodia.

### *1.3.3 Articolazione femoro - rotulea*

L'altra articolazione è la giunzione femoro - rotulea, che si attua tra il femore e la superficie interna della rotula. Il perone non entra a far parte dell'articolazione del ginocchio. Tutto questo complesso articolare è stabilizzato dalla capsula articolare, dai due legamenti collaterali (mediale e laterale), dal legamento rotuleo e dai due legamenti crociati, anteriore e posteriore. Il legamento rotuleo non è altro che il prolungamento del tendine del muscolo quadricipite esteso dalla rotula fino alla tuberosità tibiale al disotto del legamento esiste un cuscinetto adiposo detto corpo di Hoffa che impedisce gli attriti tra il legamento stesso e la cresta tibiale. Con funzione di ammortizzatori i due menischi ricollocano tra femore e tibia dentro la capsula articolare. Essi sono dischi di forma semicircolare di struttura fibrocartilaginea con margine estero più spesso adeso alla capsula articolare, mentre il margine interno è più sottile e libero. L'articolazione del ginocchio consente solo movimenti di flessione e estensione e ha un compito fondamentale di tipo statico.

### **Membrana interossea della gamba**

E' una membrana fibrosa robusta, simile a quella dell'avambraccio, tesa fra le creste interossee tibiali e fibulari. E' perforata per il passaggio di nervi e vasi, e costituisce una linea di separazione fra i muscoli anteriori e posteriori della gamba.

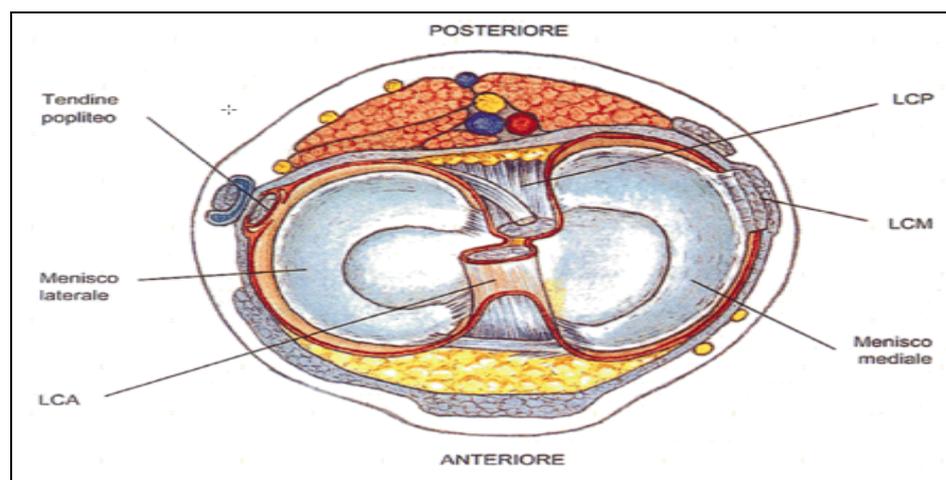
## 1.4 Innervazione

L'innervazione del ginocchio è fornita da rami dei nervi femorale, otturatorio, tibiale e peroniero comune. La branca safena del nervo femorale, con rami al muscolo vasto mediale, intermedio e laterale, provvede al controllo motore e alle informazioni sensoriali delle corrispondenti aree dell'articolazione. La borsa soprarotulea, il periostio della rotula, la capsula antero - mediale ed antero laterale, il cuscinetto adiposo infrapatellare, ed il periostio dei piatti tibiali sono tutti innervati dalla branca superiore del nervo femorale. Le ultime due strutture sono anche innervate da un ramo proveniente dal nervo tibiale il quale innerva anche l'articolazione tibio - peroniera superiore e le capsule articolari posteriore, mediale e laterale. Il nervo otturatorio innerva i vasi sanguigni poplitei e contribuisce all'innervazione del cuscinetto adiposo e della capsula posteriore. Infine, il nervo peroneale comune innerva la capsula antero - laterale e parte del periostio tibiale. Il nervo peroneale comune invia inoltre un ramo ricorrente al tubercolo tibiale, all'articolazione tibio - femorale superiore ed al cuscinetto adiposo infrarotuleo. Il cuscinetto adiposo infrapatellare è la struttura meglio innervata del ginocchio. Numerosi studi hanno dimostrato *meccanorecettori*<sup>7</sup> in varie parti del ginocchio umano. Nel LCA non si trovano recettori infatti, nel tessuto collagene, ma si identificano recettori simili a quelli di Golgi all'origine del legamento. Schultz, trovò un meccanorecettore fusiforme, simile al meccanorecettore di Golgi, oltre ad assoni all'interno del legamento. Schutte et al., identificarono tre tipi di meccanorecettori oltre a delle terminazioni nervose libere. Due dei recettori furono riconosciuti del tipo di Ruffini ed il terzo come una struttura paciniana. Essi attribuirono a questi recettori il ruolo di segnalatori della velocità, del movimento e dell'accelerazione. Le terminazioni nervose libere furono associate alla risposta al dolore. Nel menisco, Wilson identificò assoni mielinici ed amielinici, i quali erano indipendenti dalle strutture vascolari, i quali erano indipendenti dalle strutture vascolari, e postulò per essi un ruolo sensoriale. Day et al. notarono che l'innervazione dei corni meniscali era maggiore di quella del corpo. Furono trovati i recettori nei corni meniscali per i quali fu teorizzato un ruolo nel controllo statico e dinamico dell'articolazione. Albright identificò tre tipi di recettori: terminazioni di Ruffini, corpuscoli di Pacini ed organi tendinei del Golgi così come terminazioni nervose libere. Questi recettori furono trovati nel tessuto perimeniscale e nel terzo esterno e medio del menisco. Non è chiaro come il danno alla componente sensitiva del ginocchio influisca sulla funzione dell'articolazione stessa. Il senso di posizione dell'articolazione nel ginocchio può essere compromesso da alcune patologie (rottura del LCA, totale

---

<sup>7</sup> *Meccanorecettore*: fisiol, tipologia di recettore sensibile agli stimoli meccanici.

sostituzione del ginocchio, alterazioni degenerative), invecchiamento e fatica. È stato dimostrato che l'esercizio e la terapia fisica seguenti la ricostruzione del LCA migliorano sia la riproduzione sia la scoperta del senso di posizione articolare. Dati provenienti da studi condotti sugli animali suggeriscono che le informazioni dei meccanorecettori articolari hanno un impatto sul sistema del motoneurone gamma. La rigidità muscolare (rapporto tra variazione della forza e variazione della lunghezza), gioca un ruolo nella stabilità del ginocchio ed è in parte regolata dal sistema motoneurone gamma, il quale modula l'eccitabilità del gruppo dei motoneuroni alfa. La ricerca ha dimostrato che i riflessi protettivi muscolo - legamentosi sono troppo lenti per proteggere l'articolazione dagli eventi più traumatici, perciò, l'informazione neurorecettori deve agire in modo diverso dal circuito muscolare primario. Nell'uomo l'informazione proveniente dalla larga varietà di neurorecettori probabilmente serve a monitorare variazioni di pressione e tensione ai quali il ginocchio è sottoposto durante ciascuna attività funzionale. La forza necessaria per la rottura di un legamento è molte volte superiore a quella della soglia sensoriale di un qualsiasi meccanorecettore del ginocchio, questo indica che l'informazione proveniente da questi sensori ha un ruolo maggiore che la sola identificazione della lesione. Il ruolo sensoriale dei legamenti in seguito alla lesione dell'articolazione non può essere ignorato, poiché l'attivazione ed il controllo del muscolo fanno affidamento su una combinazione di informazioni e sistemi di controllo.



**Fig. 1-16** *Immagine di ginocchio: interconnessioni*

## 1.5 Vascolarizzazione del ginocchio

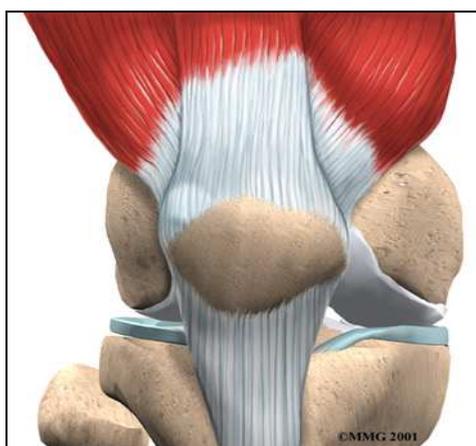
La vascolarizzazione del ginocchio è fornita dalle arterie femorali e poplitea. L'arteria discendente del ginocchio irrorà il vasto mediale e varie parti dell'articolazione del ginocchio e della circostante muscolatura. La branca safena dell'arteria genicolare discendente vascolarizza il lato mediale dell'articolazione. I rami vascolari che originano dall'arteria poplitea comprendono le arterie genicolari superiore, inferiore e mediale. L'arteria genicolare superiore si divide ulteriormente nei rami laterale, superiore e mediale; l'arteria genicolare si divide nelle arterie genicolari mediale e laterale inferiore. I legamenti crociati sono vascolarizzati da parte delle arterie genicolari inferiore e superiore. L'insieme di queste arterie si anastomizza intorno al ginocchio, formando una rete superficiale ed una profonda attorno alla rotula.



**Fig. 1-17** *Rete superficiale di irrorazione vascolare*

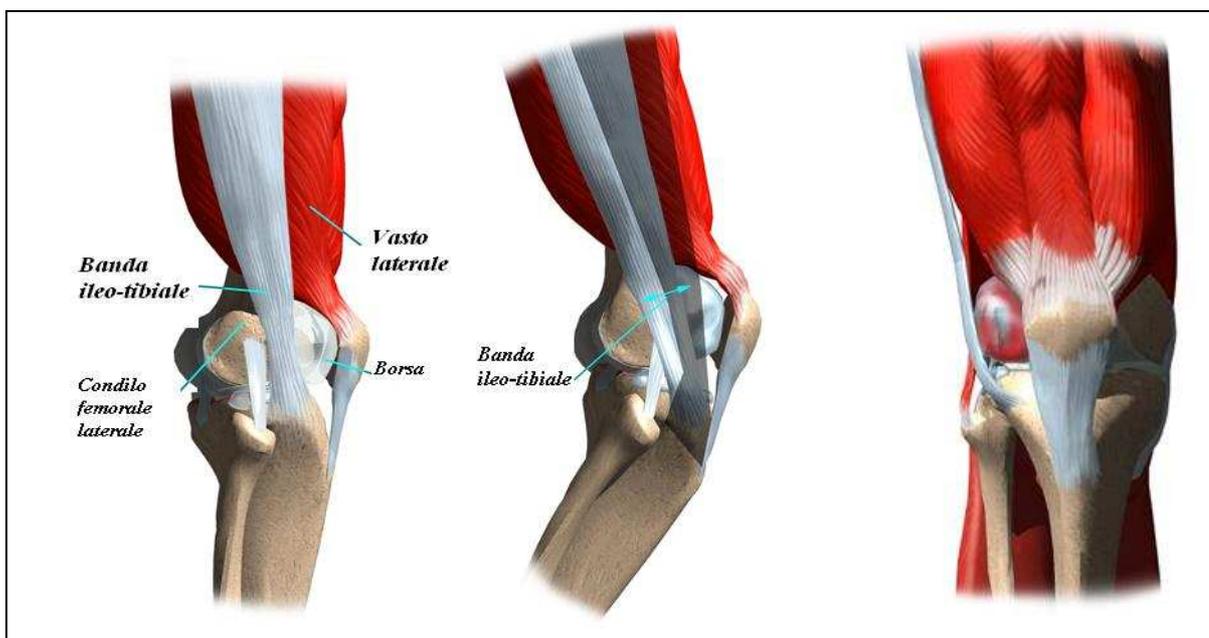
## 1.6 Muscolatura

La muscolatura che contorna il ginocchio ha il compito di far muovere l'articolazione per tutta l'ampiezza del movimento (***ROM: Range Of Motion***), spesso con grande vigore e forza.



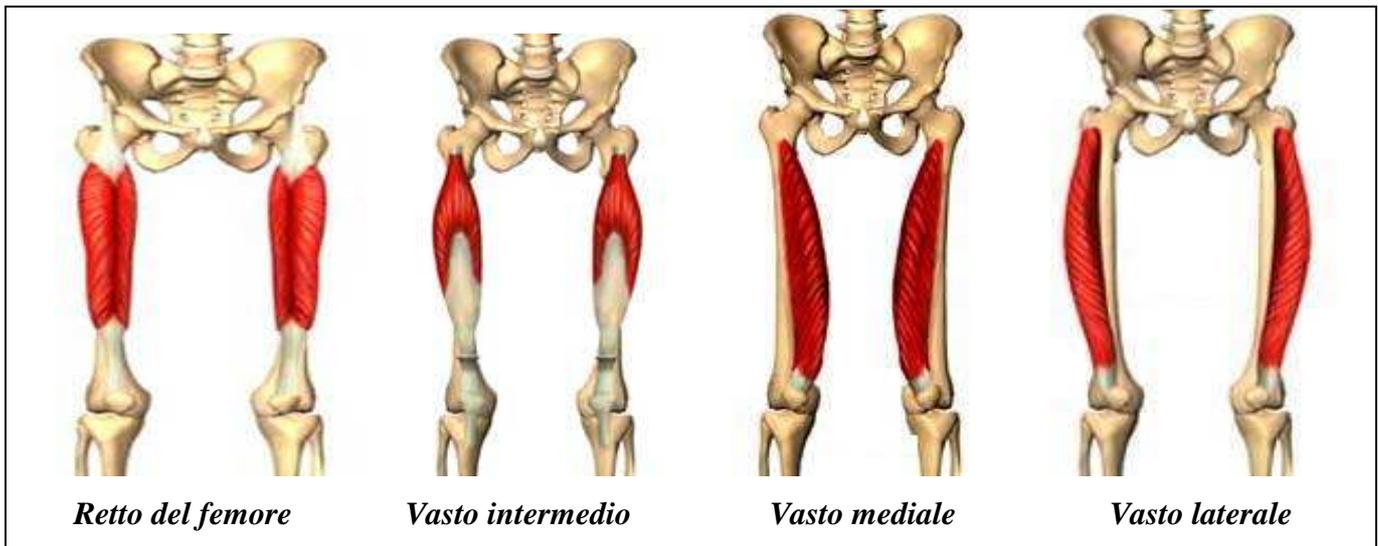
**Fig. 1-18** *Apparato osteo - muscolare del ginocchio*

I muscoli del ginocchio inoltre lo proteggono provvedendo alla stabilità dinamica dell'articolazione in supporto al sistema di stabilizzazione statica. Una terza funzione dei muscoli della coscia e del ginocchio è l'assorbimento delle forze di carico generate durante le attività atletiche e le attività giornaliere provvedendo a ridurre lo stress applicato sulle superfici articolari di carico, sui menischi e legamenti. Le lesioni che riducono l'efficacia dei muscoli compromettono queste funzioni e sottopongono il ginocchio a dei rischi.



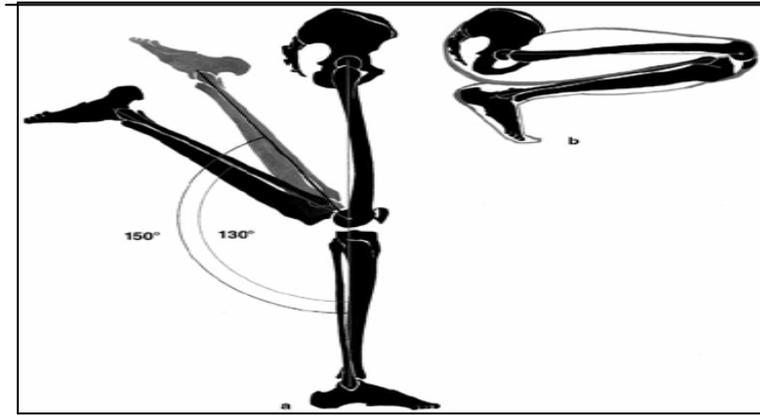
**Fig. 1-19** *Tessuti muscolari*

Il gruppo del quadricipite è il solo che determina l'estensione del ginocchio. Il *quadricipite* comprende il retto femorale, che origina dalla spina iliaca anteriore inferiore e generalmente dal solco sopra l'acetabolo; il vasto laterale che origina da un'ampia inserzione sulla metà prossimale del femore; il vasto intermedio che origina nei 2/3 anteriore e laterale della diafisi femorale; ed il vasto mediale.



**Fig. 1-20** Apparato Muscolare del ginocchio

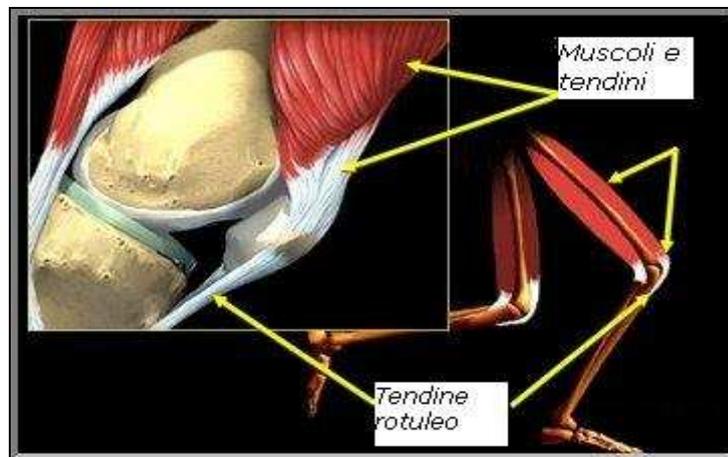
Il vasto mediale può essere diviso in due larghe parti che originano una dalla linea intertrocanterica e dalla parte mediale della linea aspra, l'altra obliqua che origina dalla linea sopracondiloidea mediale, sulla faccia posteriore del femore e del tendine del muscolo grande adduttore. Questi due ventri muscolari possono essere separati da un piano fasciale. In più casi questi due muscoli hanno una doppia innervazione. *Il quadricipite* si inserisce sulla rotula coprendola con una espansione fibrosa. Una parte del tendine del quadricipite si unisce con la capsula anteriore, contribuendo a formare i legamenti menisco -rotulei. Alcune delle fibre del tendine del quadricipite si uniscono direttamente con il legamento rotuleo, scavalcando completamente la rotula. Il tendine rotuleo si inserisce sulla tuberosità tibiale. Associato con il gruppo del quadricipite c'è il muscolo articolare del ginocchio, localizzato profondamente al vasto intermedio. Il muscolo articolare del ginocchio origina dalla parte distale del femore anteriore, inserendosi nella capsula del ginocchio. Il suo scopo è di tirare la capsula del ginocchio superiormente durante l'estensione di questi, prevenendo l'urto della capsula con la rotula. Il funzionamento peculiare della muscolatura del quadricipite è importante per la normale funzione del ginocchio e in particolare della articolazione femoro - rotulea. In seguito a lesione del ginocchio, l'indebolimento del quadricipite è un processo normale, probabilmente dovuto a inibizione da parte dei recettori articolari della capsula e dei legamenti. Nella riabilitazione femoro - rotulea, deve essere posta attenzione a non causare grosso stress sulla rotula durante l'esercizio. Il quadricipite dovrebbe essere esercitato inizialmente utilizzando contrazioni isometriche ed isotoniche per una ampiezza da 90 a 60° di flessione. Questa ampiezza riduce lo stress sulla rotula ed è ottimale per la funzione del quadricipite.



**Fig. 1- 21** *Differenti gradi di elasticità e flessibilità dell'articolazione del ginocchio*

I muscoli flessori del ginocchio pertanto, sono composti primariamente dai muscoli posteriori della coscia, i quali comprendo il semimembranoso, il semitendinoso ed capo lungo e corto del bicipite femorale. Il capo lungo del bicipite ed il semitendinoso, originano dalla porzione superiore della tuberosità ischiatica. Il semimembranoso origina appena al di sopra degli altri due muscoli, anch'esso sulla tuberosità ischiatica e unisce le fibre del capo lungo del bicipite e del semitendinoso alla loro origine. Il capo corto del bicipite femorale origina dal labbro laterale della linea aspra, lungo la sua parte media e superiore. Il semitendinoso si inserisce distalmente tramite un lungo tendine che fa parte della zampa d'oca della faccia mediale della tibia prossimale, appena al di sotto del piatto tibiale. Il tendine passa sul legamento laterale mediale, dal quale è separato da una borsa. Il semimembranoso ha cinque espansioni che inseriscono attorno al ginocchio. La parte principale si inserisce al di sotto e sul piatto tibiale mediale. Delle quattro rimanenti espansioni, una si inserisce sul menisco mediale; la seconda passa sulla capsula posteriore, formando il legamento popliteo obliquo; la terza si unisce nel complesso della zampa d'oca; una quarta rinforza la capsula postero-mediale, inserendosi nel legamento collaterale mediale. L'espansione finale può esercitare o meno una tensione sul legamento collaterale mediale quando il semimembranoso è contratto. I capi del bicipite femorale formano un tendine comune che si inserisce su una larga area della tibia prossimale. Il tendine forma tre espansioni fibrose, tra cui uno strato profondo, medio e superficiale. Lo strato superficiale si allarga all'esterno verso la tibia prossimale antero - laterale, il legamento collaterale laterale e la testa della fibula. Lo strato intermedio si inserisce lassamente al legamento collaterale e alla tibia. La porzione profonda si divide e si lega al processo stiloideo della testa del perone e segue l'espansione del tratto ileo - tibiale fino al tubercolo di Gerdy. Oltre a flettere il ginocchio i muscoli posteriori della coscia, causano la rotazione tibiale. Il bicipite femorale ruota la tibia esternamente, ed il semimembranoso ed il semitendinoso

ruotano la tibia internamente. A causa dell'angolo della loro inserzione e dell'ostacolo osseo al movimento, i muscoli posteriori della coscia non possono ruotare il ginocchio in completa estensione. Quando il ginocchio porta tra i 45 ed i 90° di flessione, aumenta il movimento rotatorio dei muscoli posteriori della coscia. Il muscolo popliteo è responsabile della rotazione interna della tibia all'inizio della flessione partendo dall'estensione del ginocchio, determinando l'apertura del meccanismo a troclea del ginocchio. Il popliteo ha origine dal solco nel condilo femorale laterale. Alcune fibre originano dal menisco laterale. L'inserzione distale è nella tibia postero - mediale, appena sopra il soleo. La contrazione poplitea avviene appena prima della contrazione dei muscoli posteriori della coscia quando il ginocchio è flesso per ruotare la tibia e tirare il menisco laterale posteriormente. In aggiunta al semitendinoso, il sartorio ed il gracile si combinano a formare il gruppo della *zampa d'oca*. Il gracile origina dalla parte più bassa del corpo del pube, correndo superficialmente al grande adduttore. Il sartorio origina al margine inferiore della spina iliaca anteriore superiore e corre obliquamente attraverso il lato mediale. Il gracile si inserisce nella tibia prossimamente al semitendinoso. Il sartorio si inserisce davanti al gracile. Insieme i tre muscoli formano un'espansione fibrosa che copre l'intera parte antero - mediale della tibia prossimale. Il gruppo della zampa d'oca ruota internamente e flette la tibia sul femore.



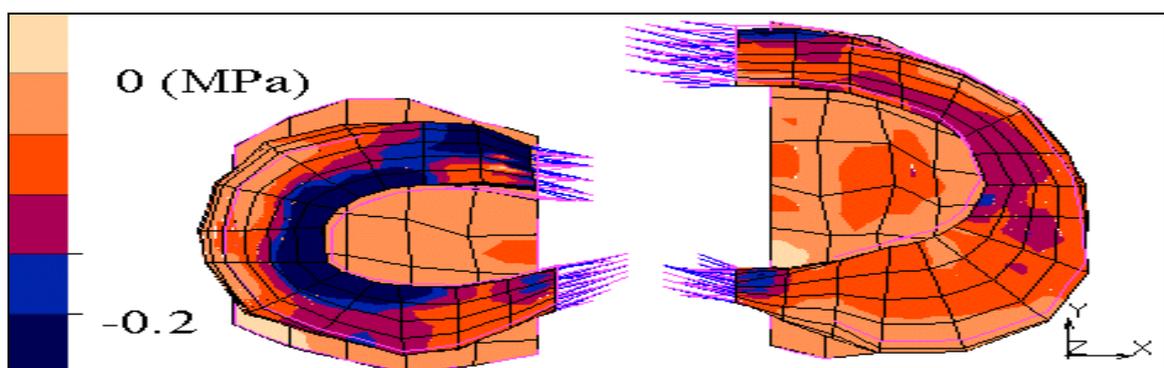
**Fig. 1- 22 Meccanismo biomeccanico del quadricipite femorale**

Infine, i capi mediali e laterali del gastrocnemio incrociano l'articolazione del ginocchio posteriore, originando dai loro corrispettivi condili femorali. Il gastrocnemio può contribuire debolmente alla flessione del ginocchio. La sua importanza per il ginocchio consiste nelle borse che sono presenti tra i muscoli e la capsula articolare del ginocchio e che possono essere causa di dolore posteriore del ginocchio.

## 1.7 Biomeccanica Articolare

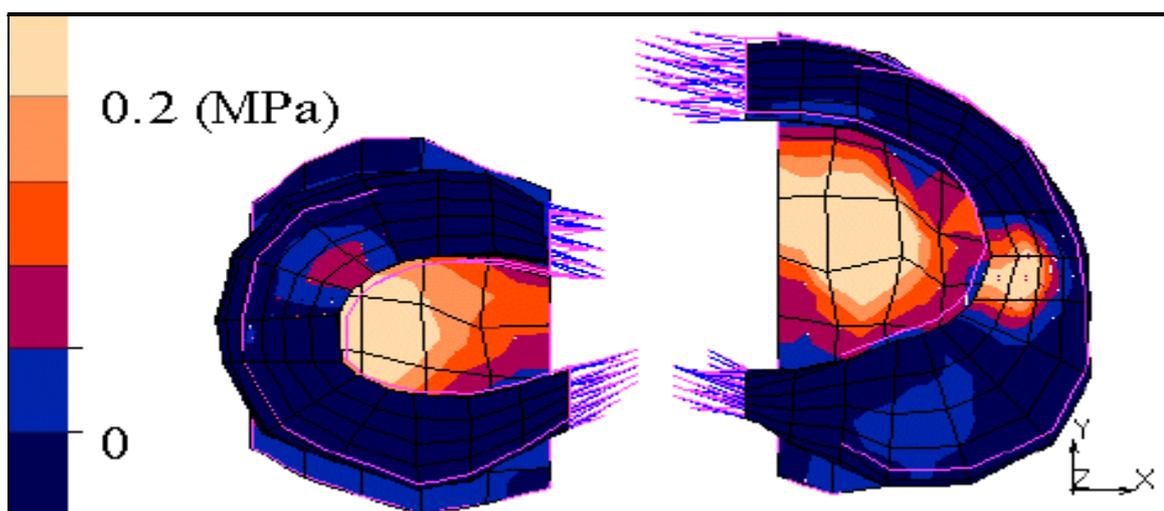
Le due articolazioni del ginocchio lavorano congiuntamente al fine di produrre un movimento uniforme e potente. La capacità del ginocchio di resistere alla pressione generata durante l'attività motoria è un fattore determinante nella sua azione. L'integrità biomeccanica ed anatomica dell'articolazione tibio - femorale è preservata dalla muscolatura, dai menischi dai supporti legamentosi. La meccanica articolare femoro - rotulea fa affidamento sulle proprietà della cartilagine articolare, come pure sui suoi componenti statici e dinamici. Ogni discussione sul meccanismo articolare del ginocchio deve includere una descrizione della geometria e dell' osteo - cinematica della tibia e del femore. La forma dei condili femorale e dei piatti tibiali influisce sul modo con cui tibia e femore si articolano. Il ginocchio consiste di due articolazioni condiloidee, che rappresentano le articolazioni tibio - femorale mediale laterale ed una articolazione sellare tra la rotula e il solco trocleare del femore. Le articolazioni tibio - femorale e femoro - rotulee sono contenute all'interno di una singola cavità sinoviale. I *movimenti osteo - cinematici* del ginocchio sono flessione, estensione e rotazione tibiale. I *movimenti artro - cinematici* del ginocchio descrivono i movimenti delle superfici articolari l'una rispetto all'altra quando il ginocchio si muove in varie posizioni. Il ginocchio ha sei tipi di movimento, che attuano intorno ai tre assi. Gli assi anatomici sono il verticale (o longitudinale), trasversale e l'antero - posteriore. Tutti i movimenti articolari possono essere descritti in un sistema a tre assi. Ogni asse permette una rotazione ed una traslazione. La flessione - estensione è la rotazione intorno all'asse trasversale; la traslazione tribale mediale - laterale ha in comune lo stesso asse. La traslazione antero - posteriore, o cassetto, della tibia si verifica lungo l'asse antero - posteriore; la rotazione lungo quest'asse dà abduzione e adduzione della tibia. La stabilità in varo - valgo è una misura della rotazione intorno a questo asse. La rotazione tibiale interna ed esterna avviene intorno ad un asse longitudinale. La compressione e la distrazione dell'articolazione rappresenta la traslazione lungo lo stesso asse. Non tutti i possibili movimenti tibio - femorali si verificano volontariamente. Certi movimenti sono accoppiati ad altri. Il risultato di questo accoppiamento è che il movimento del ginocchio non si verifica all'interno dei piani cardinali; invece l'asse di rotazione è obliquo. Inoltre, poiché le superfici ossee sono irregolari, l'asse di movimento non passa attraverso punti fissi nel ginocchio. Il movimento tra le superfici articolari è controllato da geometrie articolari e vincoli legamentosi. Il libero movimento delle articolazioni tibio - femorali e femoro - rotulee è interdipendente, poiché la limitazione del movimento in un'articolazione può dare origine alla limitazione nell'altra. L'estensione del ginocchio è legata allo scorrere superiore della rotula, alla

traslazione anteriore della tibia, e alla rotazione esterna del ginocchio. Questa rotazione è chiamata meccanismo a troclea, o rotazione automatica. Il meccanismo a troclea è dovuto principalmente all'ineguale movimento dei compartimenti mediale e laterale. Come notato precedentemente, i due condili ed i piatti hanno sottili differenze nella loro geometria. Il condilio mediale femorale tende a ruotare durante l'estensione mentre, al contrario, il condilo laterale ha un grado maggiore di rotazione e di scivolamento. A questo consegue una rotazione interna del femore, o una relativa rotazione esterna della tibia. La rotazione automatica è aiutata dalla tensione sviluppata nei legamenti crociati. Sovrapposta a questa rotazione è la traslazione anteriore della tibia. Il cassetto anteriore rappresenta lo scivolamento della tibia sul femore quando esso è ruotato intorno al proprio asse dalla tensione sviluppata nel quadricipite. La forma delle superfici articolari gioca un ruolo in questa traslazione. Quando una superficie concava (la tibia), si muove su di una superficie convessa (il femore) lo scivolamento si verifica nella stessa direzione della rotazione. Perciò, l'estensione del ginocchio è sempre accompagnata dalla traslazione anteriore della tibia in assenza di patologie del legamento o dell'articolazione. Lo scorrere verso l'alto della rotula è anch'esso un movimento accoppiato all'estensione del ginocchio ed è dovuto alla tensione applicata alla rotula dal quadricipite. Quando lo scivolamento rotuleo è limitato, o dall'inibizione muscolare o dalla restrizione meccanica, ne risulta un periodo di latenza nell'estensione del ginocchio. Durante la flessione, movimenti opposti si verificano tra il femore e la tibia e tra femore e rotula. La flessione è associata alla rotazione interna della tibia, alla traslazione posteriore della tibia e allo scivolamento inferiore della rotula. Durante la flessione la rotazione della tibia è iniziata dal muscolo popliteo e continua come consentito dalla geometria delle superfici articolari. La traslazione posteriore segue la stessa regola delle superfici concave – convesse così come la traslazione anteriore, eccetto che la rotazione e la traslazione sono in differenti direzioni. Lo scivolamento inferiore della rotula è il risultato della tensione passiva sviluppata nel legamento rotuleo e nei legamenti menisco – rotulei quando essi sono tirati posteriormente.



**Fig 1-23** Modello tridimensionale del contatto tibio-meniscale; tibio-menisco-femorale

L'importanza delle funzioni biomeccaniche del menisco è ampiamente riconosciuta. Tuttavia, l'interazione fra la componente fluida e solida del menisco durante la trasmissione totale del carico del ginocchio e le caratteristiche cinematiche del menisco non è ancora completamente capita. I modelli tridimensionali (Fig. 3.3) diventano necessari per ottenere la comprensione quantitativa di questi comportamenti meccanici. L'obiettivo è quello di poter sviluppare un modello che permetta l'indagine sugli effetti transitori degli stati di caricamento cinematica sull'articolazione stessa. Un insieme di 60 immagini sagittali della risoluzione e dello spessore sono state usate per ricostruire la geometria della zona di contatto tibio - menisco; tibio - menisco - femorale. Su ogni immagine, i punti di controllo per il contorno del menisco, la superficie della cartilagine e l'interfaccia dell'cartilagine-osso sono stati associati a dati, valori numerici con attenzione generando così un codice su misura per valutare circa 840 elementi tra: strati della cartilagine del femore, della tibia ed entrambi i menischi (Fig. 1-24). Tali operazioni sono state effettuate con uno specifico software di analisi (VINACCIA 7,2) creando un modello  $3D^8$  dimostrante la rappresentazione esatta della geometria del ginocchio. Ciò fornisce una struttura per studiare l'interazione fra fluido e la componente solida del menisco nelle circostanze cinematiche di caricamento. Le superfici di contatto fra la cartilagine del femore, il menischi e la cartilagine della tibia sono state definite in proprio in questo programma multimediale. Si è così compreso come la distribuzione dello sforzo principale minimo e delle pressioni imposte da questo, suggeriscono che il liquido nella cartilagine articolare trasporta una più grande quantità del carico durante il periodo di caricamento muscolare.



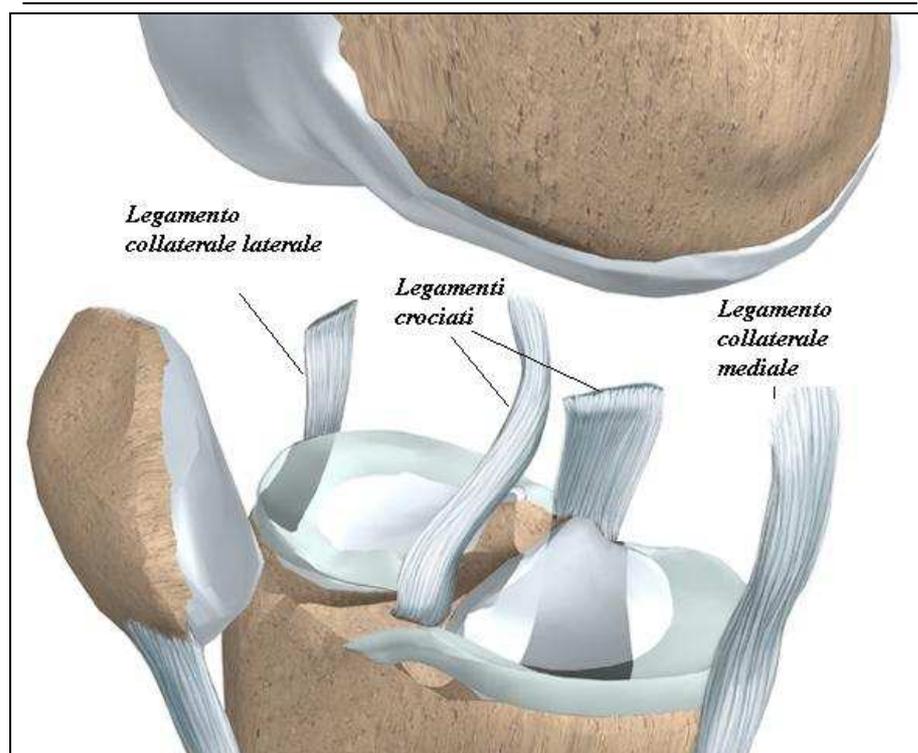
**Fig.1-24** Immagine tridimensionale della “Minima distribuzioni di principali stress” nel menisco nella tibia, e sulla cartilagine articolare al picco dello spostamento ( $t=5s$ ).

<sup>8</sup>  $3D$ : Modello di analisi tridimensionale.

In più, gli stati di contorno cinematici di rotazione possono anche essere compresi nel modello attuale per studiare la via di movimento dei menischi. Se lo scivolamento inferiore è limitato da aderenze nel recesso soprarotuleo, la flessione del ginocchio sarà diminuita. La rotula ha anche altre componenti di movimento associate allo scivolamento superiore ed inferiore causate dal quadricipite e dal legamento rotuleo. Il modello di movimento normale della rotula include lo spostamento laterale, l'inclinazione laterale e la rotazione laterale quando il ginocchio viene esteso dalla posizione flessa. Movimenti laterali anomali possono essere causati da alcuni fattori, che portano al dolore femoro – rotuleo. La rotazione attiva tibiale differisce dalla rotazione automatica in quanto è causata da sforzo muscolare invece che da elementi passivi. Durante la rotazione volontaria, l'asse di rotazione passa attraverso il compartimento mediale, non al centro della tibia, perché si verifica più rotazione e meno traslazione tra il condilo mediale ed il piatto rispetto al compartimento laterale. Durante la rotazione esterna della tibia, il piatto tibiale laterale scivola posteriormente. L'opposta osteo – cinematica si verifica con la rotazione interna. Se i legamenti crociati sono danneggiati, l'asse di rotazione è dislocato all'interno del compartimento mediale e può essere localizzato completamente all'esterno dell'articolazione. Ciò ha per conseguenza movimenti anomali o eccessivi tra le superfici articolari, con sequele ben documentate. Muscolo, legamenti ed altri tessuti molli limitano la ROM del ginocchio. La flessione attiva ha un'ampiezza compresa tra 125° e 140° a seconda della flessione dell'anca. La flessione passiva può includere altri 20° di movimento e sarà limitata dal contatto tra la coscia posteriore e la muscolatura del polpaccio. La rotazione attiva tibiale raggiunge un massimo di 20° – 25° di rotazione interna e 40° di rotazione esterna. La rotazione tibiale volontaria non si verifica con il ginocchio esteso, a causa del posizionamento delle spine tibiali all'interno dei condili femorali, e dell'angolo di inserzione dei muscoli posteriori della coscia. Il popliteo fa ruotare la tibia internamente con il ginocchio esteso, ma questo movimento deve essere associato alla flessione. La rotazione raggiunge un'ampiezza massima compresa tra i 45° ed i 90° di flessione del ginocchio. La rotazione interna è limitata dalla tensione causata dall'intrecciarsi dei legamenti crociati, mentre al contrario la rotazione esterna è controllata dai legamenti collaterali. I componenti capsulari contribuiscono anche alla limitazione dell'ampiezza della rotazione. La rotazione automatica comprende circa 15° di rotazione esterna durante gli ultimi 20° di estensione. La posizione di completa estensione è definita 0°, ma non è infrequente osservare fino a 5° di ginocchio recurvato, o in iperestensione. Il movimento si verifica su tre piani, perciò i legamenti del ginocchio devono proteggerlo su ognuno di questi.

*I principali legamenti del ginocchio, i crociati ed i collaterali, assicurano la stabilità primaria su un singolo piano, ma agiscono come stabilizzatori secondari sugli altri piani, quando possibile. La resistenza dei legamenti viene valutata per determinare la stabilità primaria e secondaria durante il movimento articolare su un piano. Questo metodo consiste nel misurare l'entità delle forze richieste su un singolo piano al fine di aprire l'articolazione. Un legamento viene allora tagliato e le forze sono rimisurate. La differenza tra le due forze rappresenta la forza con cui la struttura tagliata si oppone all'apertura dell'articolazione. La stabilità primaria e secondaria rispetto alle sollecitazioni in senso medio – laterale ed antero – posteriore vengono determinate con questo metodo. La stabilità primaria in cassetto anteriore è dovuta al LCA, che fornisce circa l' 85% della stabilizzazione con cassetto anteriore a 30° e 90° di flessione. Altre strutture che contribuiscono sono i legamenti collaterali mediali e laterali e la capsula laterale e mediale. La stabilizzazione primaria in cassetto posteriore è affidata al LCP, insieme con la capsula postero – mediale, la capsula postero – laterale ed il supporto dei legamenti collaterali. Il legamento collaterale mediale è il primo impedimento all'apertura mediale ( o abduzione) del ginocchio a 5° e 25° di flessione. I crociati, la capsula mediale e la capsula postero – mediale forniscono la stabilità secondaria. Il relativo contributo della stabilità primaria è più grande a 25°, ciò è dovuto al decremento della tensione nelle strutture capsulari e nei crociati. Il legamento collaterale è l'impedimento primario all'apertura laterale, o adduzione, con stabilizzazione secondaria assicurata dai crociati, dalla capsula laterale e dai tendini del tratto ileo – tibiale e popliteo. Inoltre, il relativo contributo della stabilizzazione primaria aumenta man mano che le strutture diventano allentate con la flessione. I muscoli della coscia provvedono anche a stabilizzare il ginocchio, supportandolo quando è sottoposto a condizioni dinamiche. E' difficile stabilire accuratamente il ruolo della muscolatura nella stabilità della articolazione. Sicuramente la muscolatura deve essere considerata un fattore importante nella biomeccanica della stabilità articolare in vivo. Shoemaker e Markolf trovarono che i rotatori interni del ginocchio potevano generare una forza di torsione sufficiente a rompere i legamenti in condizioni di laboratorio. In questo modo i rotatori possono resistere attivamente alla rottura dei legamenti se sono capaci di generare sufficiente torsione in risposta allo stress applicato sul ginocchio. La capacità dei componenti neuro – muscolari dell'articolazione del ginocchio di assicurare la stabilità legamentosa che si oppone all'apertura dell'articolazione è chiamata da Noyes e colleghi stabilità funzionale. Quando muscoli e legamenti contrastano le forze esterne applicate sul ginocchio, l'articolazione è stabile. Quando si verifica uno sbilanciamento, la lesione al ginocchio sfocia in un danno ai legamenti, ai menischi, ai tendini e ad altre strutture. La*

funzione meccanica della rotula è di incrementare l'efficienza del gruppo del muscolo quadricipite, così come di provvedere alla protezione ossea anteriore del femore. La funzione normale della articolazione femoro – rotulea è basata su due fattori, primo la capacità della rotula di resistere al carico meccanico e secondo la stabilizzazione della rotula all'interno del solco trocleare. La stabilizzazione dell'articolazione femoro – rotulea come nell'articolazione tibio – femorale, è basata sulla geometria ossea, sulla stabilizzazione legamentosa e quella attiva da parte dei muscoli.



**Fig. 1-25** *Legamenti dell' articolazione del ginocchio*

Il condilo femorale laterale provvede a stabilizzare l'articolazione durante gli ultimi 30° di estensione del ginocchio. Questo è importante a causa della forza vettoriale in valgo applicata sulla rotula dal muscolo quadricipite quando esso si contrae. Anche il vasto mediale obliquo e la capsula mediale proteggono contro la sublussazione rotulea laterale. La displasia del condilo femorale laterale o della rotula, la debolezza del vasto mediale obliquo e degli altri stabilizzatori mediali possono condurre all'instabilità della rotula o ad un'anomala modalità di scorrimento. La rotula deve resistere a grossi carichi compressivi e di trazione causati dalla contrazione del quadricipite, specialmente in condizioni di carico. Con l'attività giornaliera, l'articolazione femoro – rotulea può essere soggetta a carichi compressivi fino a 10 volte il peso corporeo. La compressione delle superfici articolari si verifica quando la rotula viene in contatto con il solco a 10° di flessione. Le faccette rotulee

inferiori si articolano con le faccette trocleari superiori. L'area di contatto aumenta quando il ginocchio è flesso a  $90^\circ$ . La progressione dell'articolazione delle faccette rotulee va dalle inferiori alle superiori. Il modello si inverte quando sono considerate le faccette trocleari. Quando la flessione continua oltre i  $125^\circ$ , solamente la faccetta impari si articola con il condilo femorale mediale. Quando ciò si verifica grandi forze sono presenti su di un'area articolare molto piccola creando un grande stress di contatto. La parte della rotula che non si articola con il femore è sottoposta a trazione meccanica all'interno dell'osso. Minns e colleghi suggeriscono che lo stress in trazione può contribuire alle lesioni della cartilagine articolare alterando l'osso subcondrale. Questo potrebbe compromettere la capacità della cartilagine articolare di sopportare le forze di carico. Tra i fattori che creano modelli di stress in trazione anomali vi sono l'incremento dell'angolo Q, ed il rapporto tra lunghezza rotulea e lunghezza del tendine rotuleo, la rotula alta o bassa. La rotula non serve solamente come una puleggia anatomica. Se così fosse, la tensione presente nel legamento rotuleo sarebbe uguale alla tensione sviluppata dal quadricipite. Invece, il rapporto di forze cambia in funzione dell'angolo di flessione del ginocchio. Le forze sono uguali solamente a circa  $45^\circ$ . In caso di esercizi di estensione terminale, la forza sviluppata nel legamento rotuleo è maggiore di quella del quadricipite a causa della posizione meccanica favorevole di questo ultimo. Questo esercizio può quindi causare irritazione locale del legamento rotuleo (tendine rotuleo). Per questo può essere necessario evitare esercizi di entro questa ampiezza durante certi stadi della rieducazione motoria femoro – rotulea. Due circostanze biomeccaniche si offrono agli operatori della rieducazione motoria: *la catena cinetica chiusa e quella aperta*. Steindler osservò che le funzioni muscolari ed articolari cambiano quando la mano o il piede prendono punto fisso, formando quello che gli ingegneri chiamano una catena cinetica chiusa.

Nella biomeccanica del muscolo e dell'articolazione ci sono importanti differenze tra i due tipi di esercizio riguardo alle forze tibio – femorali, alle forze femoro – rotulee e all'attivazione muscolare del quadricipite, dei muscoli posteriori della coscia e dei muscoli accessori del ginocchio. Le forze articolari tibio – femorali nella catena aperta mostrano la problematica potenziale delle forze legamentose durante l'estensione e la flessione del ginocchio.

Nella *catena aperta* forze trasversali sollecitano i legamenti in direzione del movimento (ossia l'esercizio dell'estensione produce uno sforzo anteriore nel LCA), particolarmente negli ultimi  $30^\circ$  di movimento.

Le contrazioni dei muscoli posteriori della coscia producono una sollecitazione posteriore nel LCP. Queste forze possono nuocere alla guarigione dei legamenti o del trapianto e devono essere evitate.

Le forze articolari tibio – femorali nella catena chiusa sono differenti. Le maggiori forze compressive e le più basse forze tangenziali permettono alle attività funzionali iniziali di essere eseguite senza rischi per la guarigione del trapianto. Henning notò che il LCA era sottoposto a minor sforzo durante la deambulazione e gli esercizi sotto carico. Grood, Pope e Shoemaker e Markolf dimostrarono che la traslazione tibiale anteriore è ridotta nella posizione sottocarico ciò a causa delle maggiori forze compressive. Okhoshi e Lutz mostrarono che nei legamenti era presente una forza trasversale molto minore quando gli esercizi a catena chiusa erano fatti eseguire al posto di esercizi a catena aperta. Pope et al. stabilirono che la percentuale di sforzo del LCA è al massimo dell'1 o 2 % durante l'accovacciamento ad un angolo di flessione maggiore di 10°. I meccanismi muscolari sono anche modificati nella condizione a catena chiusa. L'esercizio a catena aperta è dominato dalla funzione muscolare singola ed ha poco o nessuno effetto sul muscolo antagonista eccetto peraltro durante l'iniziale accelerazione o decelerazione dell'arto. Baratta et al., comunque, suggeriscono che forze antagoniste costanti sono presenti durante l'esercizio isocinetico lento e possono rappresentare una funzione di controllo piuttosto che di stabilizzazione.

Gli esercizi di carico come l'*accovacciamento* e i *saltelli*, producono una contrazione simultanea dei muscoli posteriori della coscia e del quadricipite durante l'attività. Questo è un altro fattore di riduzione delle forze sui legamenti del ginocchio. Inoltre la contrazione dei muscoli posteriori della coscia a valori maggiori di 15° di flessione aumenta la stabilità del ginocchio. Gli esercizi di carico utilizzano anche i muscoli del polpaccio e dell'anca, i quali possono aumentare la stabilità articolare particolarmente nei ginocchi non ricostruiti. Anche le forze articolari patello – femorali, differiscono nella catena cinetica chiusa e aperta. La pressione di contatto femoro – rotulea cambia in rapporto all'aumento dell'angolo di flessione del ginocchio.

Nella *catena chiusa*, la pressione di contatto aumenta con la flessione del ginocchio. Questo è il risultato di un significativo incremento dello stress da contatto modificato da un aumento complementare dell'area di contatto. Durante la catena aperta, lo stress da contatto cresce con l'estensione del ginocchio, dal momento che l'aumento della torsione del quadricipite è accompagnato da una diminuzione dell'area di contatto femoro – rotulea. Lo stress di contatto nella catena aperta, può essere da 4 a 10 volte maggiore di quello che si verifica nella catena chiusa a 30° di flessione del ginocchio. All'opposto, lo stress di

contatto nella catena chiusa può essere 3 volte più grande a 70° di flessione. Le componenti nervose ed il controllo neuromuscolare rappresentano i fattori il cui ruolo nella stabilità e nel funzionamento articolare del ginocchio è meno conosciuto. La capsula articolare, i legamenti, i tendini, i muscoli ed i menischi, sono tutti innervati. Sembra che il sistema neuro – muscolare contribuisca alla stabilità dinamica dell'articolazione e causi inibizione del muscolo in presenza di patologia articolare. L'inibizione del riflesso dei muscoli della gamba, particolarmente del quadricipite, conseguente al versamento articolare è un grosso problema nella rieducazione motoria del ginocchio. Il grado di versamento articolare necessario ad indebolire il controllo riflesso del ginocchio non è grande, ma si può verificare con solo 20 o 30 mL di liquido.

Diversi dati indicano che un versamento indotto di grandezza pari a 30 – 40 mL di fluido è sufficiente a ridurre l'attività *elettromiografica*<sup>9</sup> e la torsione prodotta in condizioni *isocinetiche*<sup>10</sup> sia del muscolo quadricipite che dei muscoli posteriori della coscia. Questa scoperta fu confermata da Jensen e Graf, i quali scoprirono simili inibizioni dopo l'introduzione di fluidi nell'articolazione del ginocchio. Nella posizione eretta bipodolica, data la posizione dell'asse di gravità che cade tra le due ginocchia, il ginocchio tende a far ruotare il piede verso l'interno (valgismo). La stabilità si realizza in assenza di azione muscolare (il ginocchio sostiene un carico pari alla metà del peso del corpo meno il peso della gamba e del piede).

---

<sup>9</sup> **L'elettromiografia: (EMG)** misura i **potenziali elettrici che si formano in un muscolo** durante la sua contrazione volontaria. Questi potenziali sono causati dalla depolarizzazione elettrica delle fibre muscolari in risposta all'arrivo di un impulso elettrico alla sinapsi neuromuscolare (punto di contatto tra la terminazione di un nervo periferico e la membrana di una fibra muscolare). I singoli potenziali rispecchiano l'attività di una singola unità motoria (tutte le fibre muscolari collegate a una terminazione nervosa) nel caso di elettrodi di inserzione, oppure di un gruppo di unità motorie nel caso di elettrodi di superficie.

<sup>10</sup> **Isocinetica** : tensione e velocità costante sviluppata dal muscolo, per tutto l'arco del movimento sia in fase concentrica che eccentrica. Si ottiene con specifiche macchine isocinetiche o a camme.

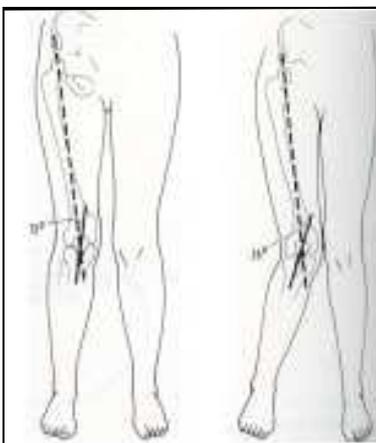


***Fig 1- 26 Esempio di ginocchio valgo***

Nella posizione eretta monopodolica, invece, poiché l'asse di gravità cade al centro del ginocchio, senza l'azione del muscolo bicipite femorale e del muscolo tensore della fascia lata il corpo si sbilancerebbe portando le ginocchia verso l'interno (valgismo). In deambulazione è fondamentale l'azione della rotula che si comporta come il fulcro di una leva. Durante la flessione, in particolare in appoggio monopodalico nello svolgimento del passo, è necessario che la rotula sia mantenuta in condizione di massima reazione sia sul piano sagittale che su quello frontale.



***Fig 1-27 Esempio di ginocchio varo***



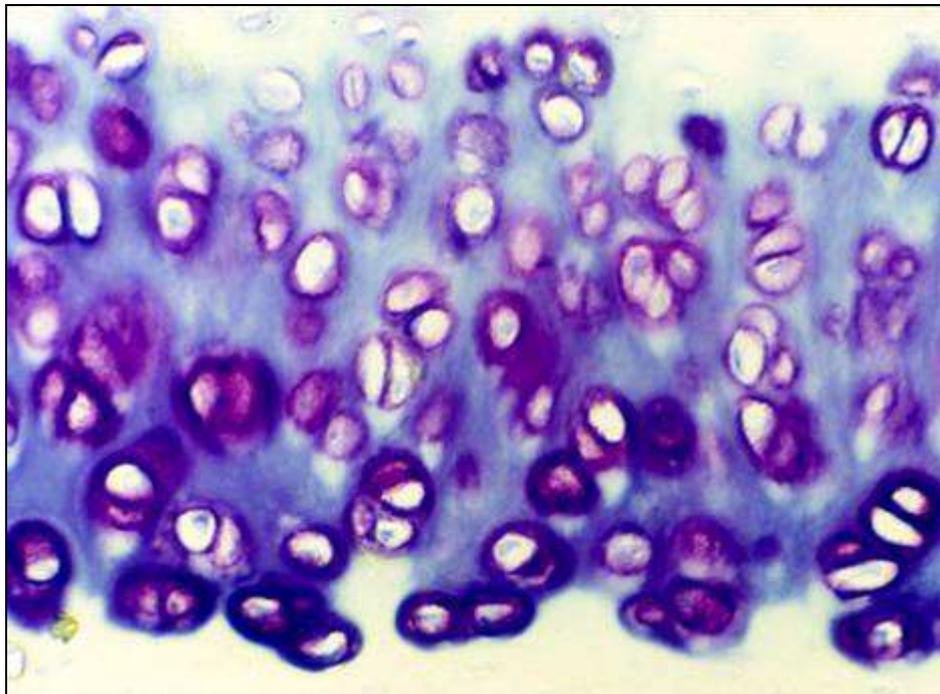
***Fig 1-28 Asse di deviazione***

## Capitolo II

### Anatomia e biomeccanica della componente cartilaginea articolare

#### 2.1 La Componente Cartilaginea

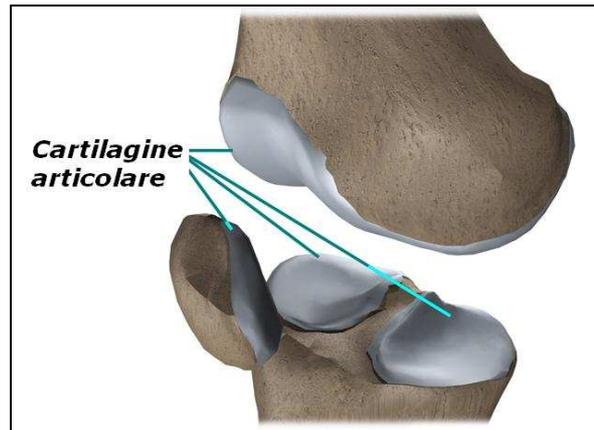
La cartilagine articolare è il tessuto a più alta specializzazione all'interno del *giunto sinoviale*; è dotata di una "architettura funzionale" unica che le conferisce un coefficiente di attrito superiore alle migliori superfici di carico progettate dall'uomo. Si tratta di un tessuto relativamente acellulare, senza apporto ematico; gli ampi spazi extracellulari sono occupati per quasi l'80% da fluido interstiziale e per il resto da componenti proteiche della matrice (collagene e proteoglicani). La funzione biologica della cartilagine è dovuta all'equilibrio dinamico tra i condrociti e le proteine da loro stessi prodotte, che hanno a loro volta il compito di mantenere attive e vitali le stesse cellule condrali. Il tessuto, mancando di cellule macrofagiche, mostra una certa difficoltà nello smaltimento dei "rifiuti" cellulari, quando questi ultimi eccedono i minimi fisiologici, come avviene dopo un trauma o in patologie degenerative.



*Fig. 2-1 Visione al microscopio della cartilagine articolare*

Nei mammiferi costituisce il primitivo abbozzo fetale della maggior parte dello scheletro e, nel corso dello sviluppo, viene sostituita in larga misura da tessuto osseo. Nell'adulto ha quindi una distribuzione relativamente ridotta: riveste le superfici articolari delle ossa,

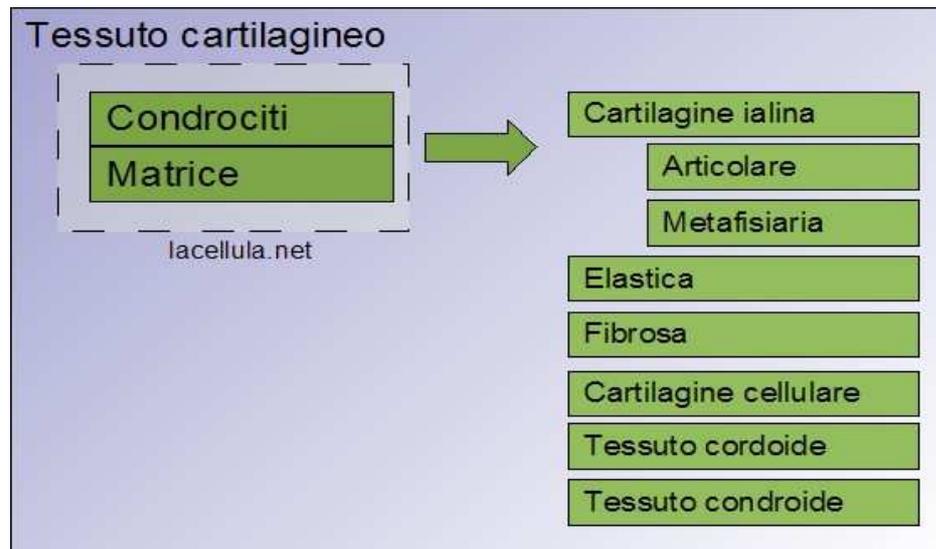
costituisce i dischi intervertebrali, dà sostegno ad alcuni organi dell'apparato respiratorio e al padiglione auricolare. Il tessuto cartilagineo quindi è costituito da cellule, i condrociti, e da matrice extracellulare. A differenza di tutti gli altri tessuti connettivi non è vascolarizzato né innervato. È rivestito da una lamina di tessuto connettivo fibroso, non particolarmente ricco di vasi: il pericondrio, che manca solo nella cartilagine auricolare. Al termine del differenziamento i condrociti risultano inglobati nell'abbondante matrice che forma, attorno ad ogni singolo elemento, una capsula.



**Fig. 2-2** *Cartilagine articolare*

I condrociti hanno morfologia e distribuzione differente a seconda che si osservi la sezione nella parte profonda del tessuto o in quella sub-pericondriale. Nel primo caso le cellule sono pressoché sferiche e tendenzialmente raggruppate in numero di 3 o 5 a costituire i cosiddetti *gruppi isogeni o nidi*. I gruppi isogeni, così denominati in quanto gli elementi che li compongono derivano per mitosi da un'unica cellula, sono bene evidenti soprattutto nelle cartilagini di notevoli dimensioni. Procedendo dalle parti profonde verso la superficie i condrociti, di forma ovoidale, solo occasionalmente sono raggruppati in piccoli nidi e risultano progressivamente più appiattiti, così che nella zona immediatamente sub-pericondriale essi hanno un aspetto simile ai fibroblasti, con capsula poco o per niente evidente. La matrice, relativamente scarsa in prossimità del pericondrio, è più abbondante nelle zone profonde dove si possono distinguere le aree territoriali (attorno ai gruppi isogeni), fra le quali si trovano le aree interterritoriali. Nella cartilagine la matrice extracellulare è costituita da fibre collagene e da una componente amorfa in cui prevalgono proteoglicani e glicoproteine, e nella quale sono presenti, in quantità minore, lipidi e lipoproteine. Il collagene cartilagineo differisce notevolmente da quello connettivale sia a livello strutturale, in quanto le fibre sono molto sottili e non presentano il tipico periodo, ma sono variamente intrecciate, sia a livello molecolare: infatti, mentre quello connettivale è costituito da tropocollagene, formato da due catene  $\alpha_1$  e da una catena  $\alpha_2$ , nella

cartilagine le molecole di tropocollagene sono formate da tre catene identiche chiamate  $\alpha_1$ , anche se non corrisponde esattamente alla  $\alpha_1$  del collagene connettivale.

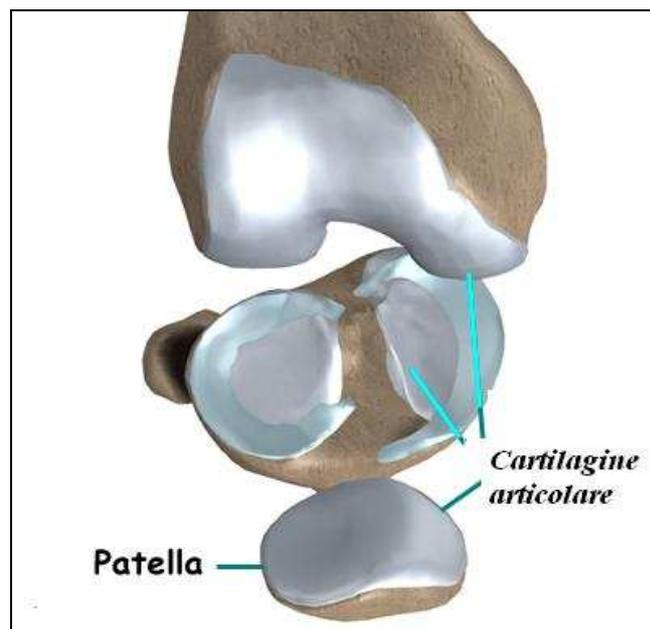


**Tabella 1 Schema semplificato dei costituenti del tessuto cartilagineo**

L'abbondante frazione amorfa, fortemente idratata grazie anche all'elevato contenuto di NaCl, è in prevalenza costituita, come già detto, da proteoglicani e glicoproteine. I proteoglicani, costituiti da GAG legati covalentemente ad un asse proteico, si associano, mediante l'interazione con proteine di legame, a una molecola di acido ialuronico. A tali molecole molto voluminose si attribuiscono numerose funzioni: essendo notevolmente idrofile regolano il grado di idratazione del tessuto e delimitano nella sostanza fondamentale un reticolo tridimensionale che, da un lato funge da "spugna molecolare" a scambio ionico, dall'altro contribuisce a conferire resistenza alle sollecitazioni meccaniche e un certo grado di elasticità. Tenendo conto, soprattutto, della composizione della matrice extracellulare, si distinguono tre tipi di cartilagine: ialina, elastica, fibrosa.

La **cartilagine articolare** è priva del pericondrio, ha forma di lamina ed è molto levigata in superficie, per cui consente lo scorrimento delle superfici scheletriche impegnate nelle diartrosi (articolazioni mobili). I condrociti hanno forma e disposizione particolari: quelli dello strato superficiale sono ovoidali con asse maggiore tangenziale alla superficie libera (strato tangenziale); procedendo in profondità, essi assumono forma globosa e sono dapprima disposti da arco con convessità verso l'alto (strato intermedio), poi riuniti in gruppi isogeni allungati e orientati perpendicolarmente all'osso subcondrale (strato radiale). Nell'adulto e soprattutto nel vecchio la distribuzione dei condrociti è più irregolare negli strati tangenziale e intermedio e la matrice della parte più profonda dello strato

radiale è mineralizzata (strato calcificato). Nel giovane gli strati più profondi hanno aspetto simile a quelli delle zone della cartilagine metafisaria, mentre nell'adulto e nel vecchio, a livello delle zone di calcificazione, i condrociti contengono meno ribosomi, mitocondri e glicogeno. Nella matrice si riscontrano differenze, dipendenti in parte anche dall'età, relative alla distribuzione dei vari costituenti. In linea generale l'acqua è relativamente abbondante nel feto e le fibre collagene aumentano con l'età. Si ritiene che la funzione delle fibre collagene sia di formare un intreccio tridimensionale il cui ruolo sarebbe quello di fungere da supporto ai proteoglicani, mentre a questi ultimi sarebbe prevalentemente dovuta la capacità di opporsi alle sollecitazioni. Infatti la reversibilità delle deformazioni della cartilagine sottoposta a compressione dipende dalla capacità dei proteoglicani di legarsi all'acqua. Poiché con l'età si riducono la percentuale sia di proteoglicani sia di acqua, alcune deformazioni dovute a compressione divengono permanenti. Gli scambi metabolici della cartilagine articolare si realizzano prevalentemente con il liquido sinoviale e, in parte, con i vasi dell'osso subcondrale.



*Fig. 2-3 Cartilagine articolare*

### *2.1.1 Biomeccanica della cartilagine articolare*

Come precedentemente asserito la cartilagine articolare risulta essere quindi il tessuto che ricopre le superfici delle componenti articolanti delle diartrosi. Permette infatti a queste superfici di scorrere le une sulle altre, sviluppando il minimo attrito ed assolve allo straordinario lavoro di trasferire il carico da un elemento all'altro dell'articolazione. Nella maggior parte dei casi, la cartilagine articolare risponde fisiologicamente a continue

sollecitazioni biomeccaniche per più di otto decenni, come nessuno dei materiali sintetici finora prodotti per sostituirla si è dimostrato in grado di fare. Tali importanti caratteristiche biomeccaniche possedute dalla cartilagine articolare, sono permesse dalla fine struttura morfologica e biochimica di questo tessuto. La cartilagine articolare è costituita principalmente da matrice extracellulare, dove è distribuita una popolazione cellulare di elementi altamente differenziati, i condrociti. I principali costituenti la matrice extracellulare sono l'acqua (65-80%), i proteoglicani (4-8%) e le fibre collagene (10-20%), oltre ad una quantità minore di altre proteine e glicoproteine. La struttura e la composizione della cartilagine articolare varia attraverso il suo spessore, conferendo caratteristiche biomeccaniche differenti a diversi livelli della sezione di questo tessuto. È importante notare che la composizione e la struttura dei vari elementi della matrice extracellulare determinano una porosità della matrice stessa di 20-60 Å, attraverso cui l'acqua può fluire, quando viene applicato un gradiente di pressione. Per questo, le proprietà biomeccaniche della cartilagine sono ben spiegate quando codesto tessuto viene indicato come un materiale bifasico, composto cioè da una parte solida e da una parte liquida. In generale, la risposta biomeccanica ai diversi stimoli fisiologici avviene attraverso la compartecipazione della fase fluida e di quella solida. Si può comunque semplificare, affermando che le *forze di tipo compressivo* sono supportate dalla componente fluida del tessuto, attraverso la sua minima permeabilità, che permette una lenta fuoriuscita dell'acqua, che la rende incompressibile. Applicando quindi, una compressione costante al tessuto cartilagineo, si ottiene infatti una lenta fuoriuscita di liquido, fino allo stato dell'equilibrio. In questa fase di equilibrio, la risposta biomeccanica è data non più dalla fase liquida, ma da quella solida. Questo stato in realtà, in condizioni fisiologiche, non si raggiunge mai, per il continuo movimento delle articolazioni, ciò risulta essere costante anche durante il sonno. Se consideriamo invece le pure forze di taglio ci si riferisce dunque unicamente alla componente solida della matrice extracellulare che permette così la risposta biomeccanica del tessuto allo stimolo indotto a priori.

### 2.1.2 Membrana Sinoviale

La **membrana sinoviale**, sottile struttura di rivestimento (pellicola) interno delle articolazioni ove ricopre i tendini in determinate sedi corporee; ha come funzione quella di lubrificare l'articolazione stessa producendo il liquido sinoviale. Risulta essere il principale organo bersaglio della malattia artrosica, sebbene possano essere colpiti molti altri tessuti in differenti organi. L'infiammazione della membrana sinoviale (sinovite) causa inizialmente dolore e difficoltà di movimento. Se la malattia non è opportunamente curata

in questa fase e se la sua evoluzione è troppo rapida, il processo infiammatorio si estende a tutta l'articolazione distruggendola e provocando rigidità, instabilità, dolore e deformità. Osservando l'indagine strumentale quale la l'Artroscopia la membrana sinoviale che si riconosce, assume l'aspetto come dei piccoli villi, con aspetto cromatico di colore giallo. La membrana sinoviale può andare incontro a malattie che ne colpiscono l'integrità ad esempio la malattia reumatica o l'Artrite reumatoide.

### *2.1.3 Analisi del Liquido Sinoviale*

Il **liquido sinoviale** è un liquido dializzato dal plasma sanguigno e arricchito di prodotti secreti dalle cellule della membrana sinoviale; è limpido, giallo pallido, viscoso ed è ricco di complessi glicoproteici. Il liquido sinoviale che riempie le articolazioni diartrosi svolge importanti funzioni meccaniche di lubrificazione e protezione dei tessuti articolari, esso si distende a formare un velo sottile sulle superfici cartilaginee. Risulta essere composto in larga parte da acqua (98%), proteine e da glicosaminoglicani costituiti per il 98% da acido ialuronico. È noto come il liquido articolare (**sinovia**) rivesta, in condizioni fisiologiche, come una sottile pellicola la cavità articolare. Ha funzione nutritiva per la sinovia e favorisce la mobilità dell'articolazione diminuendone l'attrito. Il liquido articolare contiene costituenti del siero filtrati in differenti concentrazioni. Il materiale micromolecolare, come gli elettroliti, l'acido urico, il glucosio e gli enzimi sono presenti nella sinovia quasi in uguale concentrazione che nel siero. Le molecole più grandi, come le immunoglobuline e il complemento vi si trovano invece in concentrazione minore, fatto dovuto alla fisiologica funzione di filtro propria della membrana sinoviale. La concentrazione di queste proteine ammonta al 30-50% del valore del siero. Fibrina e fibrinogeno normalmente non sono presenti nella sinovia, mentre lo ialuronato, come prodotto delle cellule sinoviali è costituente essenziale del liquido articolare. La concentrazione di ialuronato (ca. 300 mg/dl) influisce sostanzialmente sulla viscosità della sinovia. Il numero dei leucociti raggiunge normalmente i 200/mm<sup>3</sup>. In questo caso si tratta di cellule di origine locale come gli istiomonociti e i linfociti e meno del 20% di granulociti. Il liquido sinoviale in condizioni normali è giallo chiaro e limpido. Nei versamenti articolari di natura infiammatoria il liquido, in seguito ad un aumento delle cellule e alla presenza di fibrina, diventa torbida.

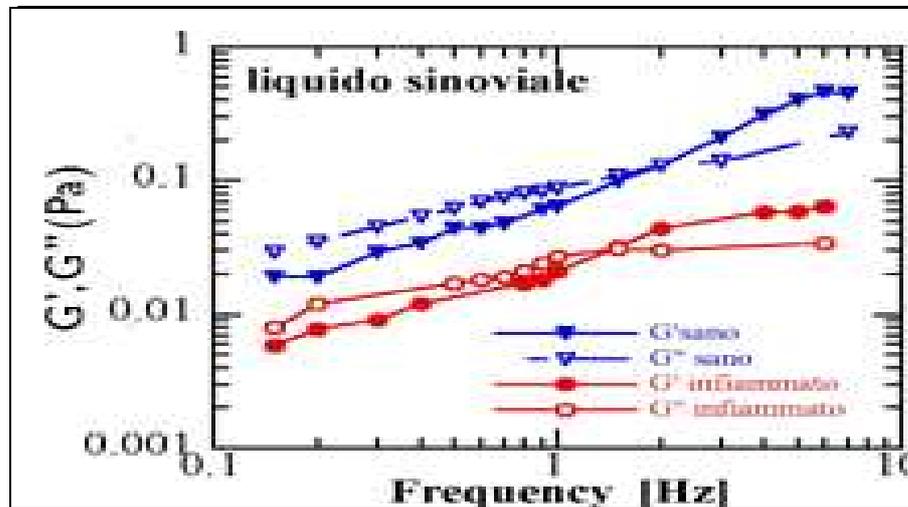
Il **test del coagulo mucinico** serve a distinguere i puntati infiammatori da quelli non infiammatori: si introducono in una provetta da reazione contenente 3 ml di acido acetico al 5% alcune gocce del liquido articolare. Nelle alterazioni flogistiche si ottiene una precipitazione a fiocchi di neve della mucina depolimerizzata. Nei versamenti non flogistici

si ottiene invece il precipitato di un grumo mucinoso, che per la sua accresciuta consistenza può essere avvolto su un bastoncino di vetro. La distribuzione percentuale delle cellule nel puntato articolare offre ulteriori indicazioni importanti di *diagnostica differenziale*. E' inoltre possibile eseguire una colorazione del liquido sinoviale. Il numero dei leucociti osservato corrisponde all'attività flogistica del processo locale (Klein 1979). Nell' *artrosi* il numero delle cellule resta compreso tra i 200 e i 2000/mm<sup>3</sup> al massimo, mentre sono dominanti i linfociti e gli istiomonociti. Nelle artriti microcristalline il numero delle cellule si eleva a 5.000 per arrivare fino a 40.000/mm<sup>3</sup> con prevalenza dei granulociti in percentuale superiore al 60%. Nell'artrite reumatoide le cellule restano nei valori compresi tra 5.000 e 60.000 mentre si riscontra la presenza di granulociti in quantità superiore al 60%, per lo più dell'80-90%.

Queste inclusioni citoplasmatiche contengono prodotti della distruzione della cartilagine e della cellula a seconda dell'attività dell'infiammazione e nelle sinoviti indotte immunologicamente in parte anche immunocomplessi fagocitati, che si possono evidenziare al microscopio col sistema della fluorescenza. Il contenuto proteico della sinovia aumenta in corso di infiammazione in dipendenza dal notevole accrescimento della permeabilità della membrana sinoviale (da oltre 3,5 fino a 6,0 g/dl). Inoltre si trova una aumentata concentrazione di gammaglobuline nelle *flogosi* articolari immunoindotte, in parte a causa di una produzione locale di immunoglobuline la cui concentrazione nel liquido sinoviale è di norma inferiore a quella che si riscontra nel siero. Il livello del glucosio nel liquido sinoviale in presenza di flogosi risulta più basso rispetto al valore sierico e questo abbassamento e' particolarmente marcato nei processi batterici. Quando esiste il sospetto di una infiammazione articolare da infezione batterica sono necessari ulteriori esami batteriologici con determinazione della resistenza del germe individuato. Qualunque versamento articolare poco chiaro deve essere esaminato per chiarirne le cause. L'esame del liquido articolare può in molti casi rivelare la causa di una malattia. Esso permette di giudicare dell'attività infiammatoria locale di una malattia articolare e dovrebbe essere effettuato anche per escludere le infezioni in malattie articolari infiammatorie croniche, particolarmente in terapia con sostanze immunosoppressive e in casi di versamento recidivante.

Le *proprietà visco - elastiche* del liquido sinoviale e le loro modificazioni in seguito a patologie e le *proprietà meccaniche* del liquido sinoviale sono strettamente correlate alle caratteristiche biochimiche dell'acido ialuronico ed alle sue interazioni con le proteine. A

causa di invecchiamento o di *patologie degenerative*<sup>11</sup> si osserva una diminuzione delle proprietà meccaniche del liquido sinoviale, come conseguenza di una diminuzione di concentrazione e di peso molecolare dell'acido ialuronico. Le conoscenze acquisite in ricerca sono state utilizzate per valutare l'effetto di trattamenti terapeutici, quali iniezioni di soluzioni visco - elastiche nel ripristino delle funzioni dei fluidi sinoviali.



**Grafico 1** *Analisi del liquido Sinoviale*

#### 2.1.4 Osso Subcondrale

L'**osso subcondrale**, un tipo d'osso più morbido che si trova nelle articolazioni è coperto dalla cartilagine che ammortizza e rende possibili i movimenti articolari. La superficie articolare si presenta liscia, color madreperlaceo, elastica al tatto, poggiata su osso detto appunto *subcondrale*. La cartilagine, che non possiede una vascolarizzazione propria, viene nutrita da due differenti fonti; in misura minore per diffusione dai vasi che irrorano l'osso subcondrale e principalmente per imbibizione della superficie, mediante l'aumento di pressione che si verifica nella camera articolare durante il movimento, da parte del liquido prodotto dalla membrana sinoviale. Essa infatti produce questo liquido, viscoso e ricco di principi nutritivi, il quale, steso in un film su tutta la superficie articolare, svolgendo la duplice funzione di nutrire la cartilagine e di lubrificarla diminuendo l'attrito.

<sup>11</sup> **Patologie degenerative**: biol., med., alterazione strutturale, morfologica o chimica subita da organi, tessuti, cellule e sim., da una forma superiore a una inferiore o funzionalmente meno attiva.

## Capitolo III

### La rieducazione funzionale nelle lesioni traumatiche del ginocchio

#### 3.1 Lesioni acute e lesioni croniche

Prima di trattare in modo specifico l'argomento della rieducazione funzionale che va intrapresa dopo una lesione traumatica del ginocchio è opportuno analizzare alcuni aspetti di carattere generale circa gli intendimenti e le qualità terapeutiche della *rieducazione*.

Con questo termine intendiamo la restituzione all'organo leso della sua funzionalità, vale a dire di quella capacità standard caratteristica di un determinato segmento.

Nello sportivo tale definizione è ulteriormente restrittiva, in quanto la ripresa funzionale va interpretata non solo come recupero quantitativo, ma soprattutto come riqualificazione qualitativa per lo stesso sport praticato prima dell'incidente; in altri termini, lo scopo fondamentale è il riadattamento alla attività sportiva specifica.

Entrando poi nel merito della terapia rieducativa del ginocchio traumatizzato, dobbiamo distinguere anzitutto le lesioni traumatiche **acute** da quelle **croniche**.

Nelle *lesioni acute* è infatti sconsigliabile ogni tipo d'intervento, sia massoterapico che chinesiterapico, poiché l'articolazione colpita dal trauma dev'essere mantenuta nel più assoluto riposo funzionale allo scopo di rallentare un metabolismo cellulare già esaltato dal trauma.

L'unico trattamento consigliabile in questa fase è la *crioterapia*, che permette una immediata vasocostrizione e l'innalzamento della soglia algogena.

Nelle *lesioni croniche*, invece, il protocollo rieducativi varia in funzione dello stadio:

- A) Stadio pre-operatorio
- B) Stadio post-operatorio

#### 3.2 Stadio pre-operatorio

Il trattamento pre-operatorio o preparatorio all'intervento risulta particolarmente utile in tutte le lesioni croniche del ginocchio ed ha lo scopo di migliorare la mobilità articolare e di potenziare il tono-trofismo muscolare.

Il motivo ispiratore delle tecniche fisiochinesiterapiche, comunemente usate in questi casi, è quello di ricostruire o mantenere la forza muscolare, avendo cura al tempo stesso di non aggravare la lesione esistente.

A tale scopo, in genere, si ricorre a:

- Massaggi
- Chinesiterapia
- Termoterapia endogena

Il *massaggio*, attraverso l'azione meccanica di attivazione sul sistema circolatorio e nervoso, di rilassamento e analgesia, ha lo scopo, nel limite del possibile, di potenziare il tono-trofismo muscolare che è sempre compromesso nelle lesioni traumatiche del ginocchio.

La *chinesiterapia*, sfruttando le capacità terapeutiche del movimento nelle sue forme attiva e passiva, tende a migliorare la funzionalità articolare, peraltro sempre compromessa dal danno subito, ed a prevenire una eventuale rigidità.

Durante il trattamento massochinesiterapeutico risulta estremamente utile l'impiego della *termoterapia endogena* (tab.1), che, attraverso la sua azione trofica e vasodilatatrice, svolge un benefico effetto sulle strutture intra ed extra-articolari.

<b>ENDOGENA</b>	<b>ESOGENA</b>
MAGNETOTERAPIA	SECCA (forni alla Bier-Termofori)
DIATERMIA	
MARCONITERAPIA	UMIDA(paraffino e fangoterapia)
RADARTERAPIA	
FOTOTERAPIA	A VAPORE (sauna finlandese)
ULTRASUONI	
LASER	

***Tabella 1 Tecniche di termoterapia***

Tra le molte sorgenti di energia a disposizione (tab.2) è attualmente in voga la magnetoterapia, l'uso cioè di campi magnetici a bassa frequenza, il cui impiego comporterebbe:

- 1) aumento del flusso ematico locale
- 2) redistribuzione intratissutale delle cariche elettriche
- 3) attivazione della respirazione cellulare.

<b>CORRENTE CONTINUA</b>
A) galvanizzazione
B) ionoforesi
<b>CORRENTE VARIABILE</b>
A) galvanica interrotta
B) faradica
C) ad impulsi (rettangolari, esponenziali, triangolari)
<b>CORRENTE A FREQUENZA</b>
A) bassa
B) media
C) alta
<b>ELETTROSTIMOLAZIONE</b>
A) del muscolo sano
B) del muscolo denervato

*Tabella 2 Sorgenti di energia impiegate nella fisioterapia*

### 3.3 Stadio post-operatorio

Dopo la ricostruzione chirurgica, la rieducazione funzionale da intraprendere dev'essere finalizzata al tipo di lesione che l'atleta ha subito (tab.3) e al tipo d'intervento praticatogli.

<b>DISTORSIONI SEMPLICI:</b>	<b>ELETTROTERAPIA ANTALGICA</b>
	<b>ELETTROTERAPIA STIMOLANTE</b>
	<b>CONTRAZIONI ISOMETRICHE</b>
	<b>ESERCIZI DI FLESSO-ESTENSIONE</b>
<b>ROTTURE LEGAMENTOSE:</b>	
<b>(A) durante la contenzione</b>	<b>CONTRAZIONI ISOMETRICHE</b>
	<b>CINESITERAPIA COLLO-PIEDE-ANCA</b>
	<b>ESERCIZI ARTO CONTROLATERALE</b>
<b>(B) dopo l'immobilizzazione</b>	<b>ELETTROTERAPIA STIMOLANTE</b>
	<b>CONTRAZIONI ISOMETRICHE</b>
	<b>CINESITERAPIA ATTIVA</b>
	<b>ESERCIZI DI FLESSIONE</b>
	<b>MASSOTERAPIA</b>
	<b>ULTRASUONI (se persistente dolorabilità)</b>
	<b>STIMOLAZIONE PRORIOCETTIVA</b>
<b>SINDROME MENISCALE</b>	
<b>(dopo la decontenzione)</b>	
	<b>CINESI DINAMICA</b>
	<b>MASSOTERAPIA</b>
	<b>STIMOLAZIONE PRORIOCETTIVA</b>
	<b>IDROCINESITERAPIA (se persiste rigidità)</b>

*Tabella 3 Schemi di trattamento fisioterapico rieducativo post-traumatico o post-operatorio*

Durante la fase d'immobilizzazione in apparecchio gessato, devono essere iniziate da parte dell'infortunato le contrazioni isometriche di tutto l'arto inferiore, al fine di prevenire una eccessiva ipotono-trofia muscolare.

Una volta rimosso l'apparecchio gessato, vanno iniziati immediatamente gli esercizi di cinesiterapia passiva, assistita ed attiva, senza però dimenticare che, per ottenere una buona stabilità articolare, è necessario stimolare, insieme alla ripresa della funzione specifica, anche il tono trofismo muscolare.

A tale proposito, come già ampiamente documentato da molti ricercatori, il potenziamento muscolare non dev'essere limitato ad un solo distretto muscolare, ma finalizzato al raggiungimento di un tono-trofismo muscolare "globale" che riguarda sia l'arto traumatizzato che quello controlaterale.

Secondo diversi Autori (tab.4), occorre dapprima sollecitare il muscolo quadricipite femorale, dedicando particolare cura al fascio obliquo del vasto mediale, per la sua specifica azione sulla stabilità dell'articolazione del ginocchio. In una fase successiva della rieducazione "globale" saranno interessati i muscoli flessori della gamba e dell'anca ed il muscolo gluteo medio.

Tutto ciò si ottiene integrando in maniera armonica la chinesiterapia, con il massaggio e l'uso di correnti eccitomotorie.

Il massaggio, oltre alla ormai nota azione tonico-trofica sulla muscolatura, aiuta e facilita il ritorno venoso e linfatico, contribuendo in tal modo a risolvere eventuali condizioni edemigene locali.

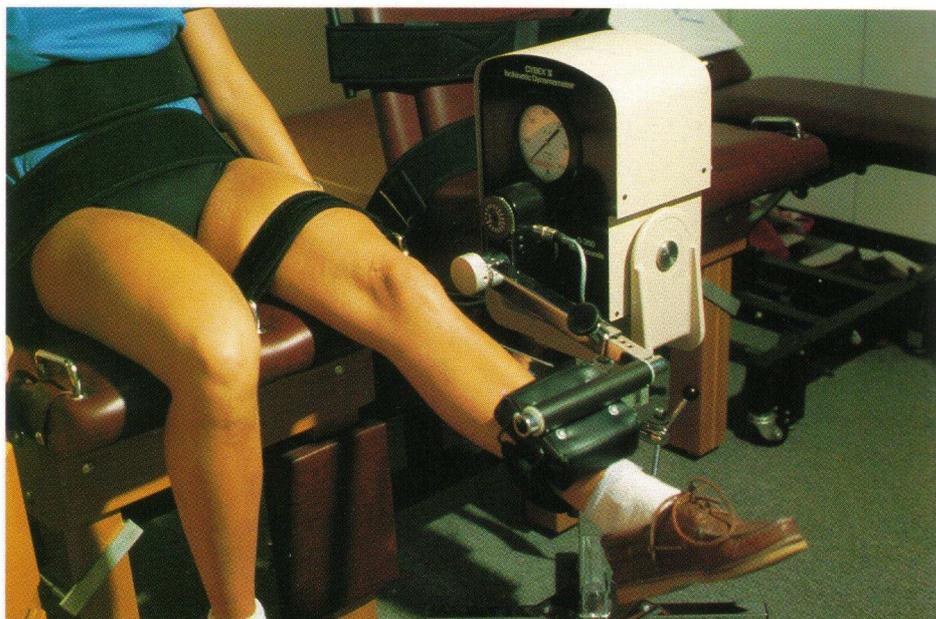
Per quanto riguarda il carico, sarà possibile concederlo soltanto quando l'atleta risulterà in grado di sollevare volontariamente l'arto traumatizzato dal piano del letto. In una prima fase si procederà con l'aiuto di stampelle ad appoggio antibrachiale e, successivamente, sarà concesso il carico libero quando il deficit muscolare globale non supera il 20% del controlaterale.

Oltre alla chinesiterapia che sfocia in esercizi attivi controresistenza, è utile l'impiego di tecniche di facilitazione neuromuscolare o di esercizi di stretching.

<b>1) FORZA MASSIMA (coppia) SVILUPPATA DURANTE LA CONTRAZIONE ISOMETRICA A VARI ANGOLI DELL'ARTICOLAZIONE</b>
<b>2) FORZA MASSIMA SVILUPPATA DURANTE LA CONTRAZIONE ISOCINETICA</b>
<b>3) RAPPORTO TRA ANGOLO DELLA ARTICOLAZIONE E FORZA SVILUPPATA</b>
<b>4) MASSIMA ESCURSIONE ARTICOLARE</b>
<b>5) RESISTENZA MUSCOLARE A DIVERSE VELOCITA' DEL MOVIMENTO ARTICOLARE</b>
<b>6) RAPPORTO TRA FORZA MASSIMA SVILUPPATA DAI MUSCOLI AGONISTI RISPETTO AGLI ANTAGONISTI</b>
<b>7) VELOCITA' DI SVILUPPO DELLA FORZA ALL'INIZIO DELLA CONTRAZIONE MUSCOLARE</b>
<b>8) RAPPORTO TRA FORZA MUSCOLARE DELL'ARTO LESO RISPETTO AL CONTROLATERALE</b>
<b>9) PERCENTUALE DI FIBRE MUSCOLARI RAPIDE (pallide) E LENTE (rosse)</b>

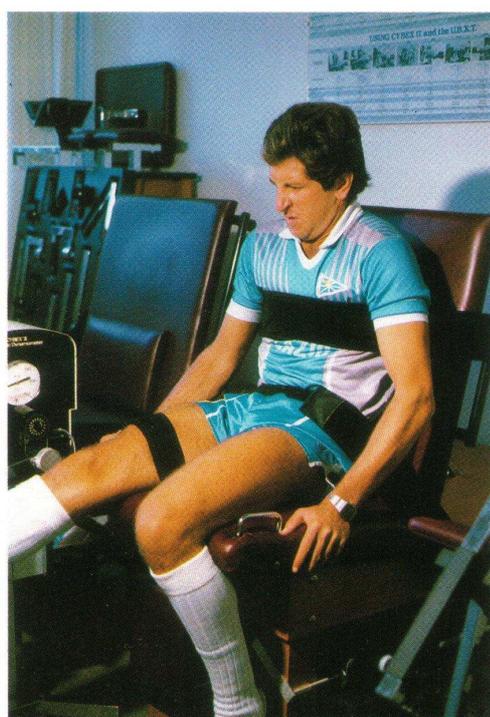
*Tabella 4 Parametri dinamico-funzionali forniti dall'isocinesiterapia attiva*

Da alcuni anni, nella rieducazione funzionale delle lesioni traumatiche del ginocchio è stato introdotto l'uso dell'apparecchiatura *Cybex II* (fig.1) per ottenere il potenziamento dei muscoli estensori e flessori al massimo carico ed in ogni angolo del movimento articolare.

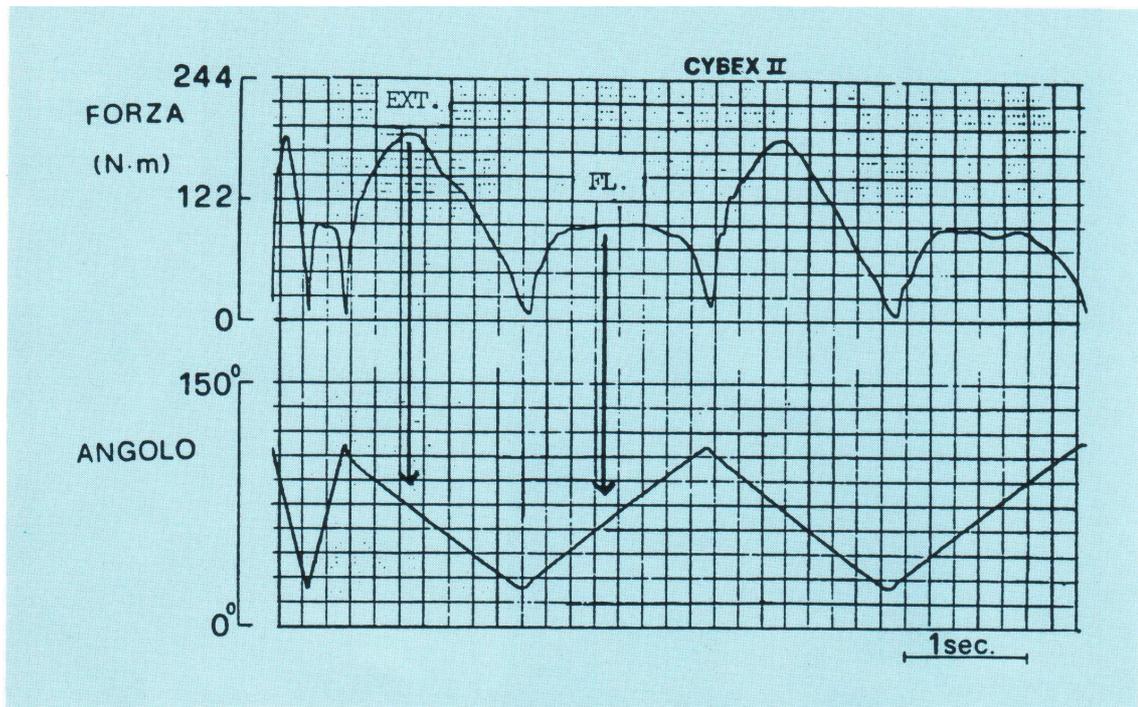


*Fig.1- apparecchiatura CIBEX II per la rieducazione funzionale del ginocchio*

Questo apparecchio (fig.2) viene impiegato in genere quando si è recuperata, con reciproca soddisfazione dell'atleta e del medico, la completa flessione-estensione dell'arto traumatizzato e la scomparsa di ogni sintomatologia dolorosa. Ne fanno parte un registratore-dinamometro a due canali ed un elettrogoniometro che forniscono un doppio tracciato (fig.3) relativo alla forza muscolare sviluppata nell'arco degli angoli dell'articolazione ed alla torsione di picco nell'intera gamma di movimenti dell'arto sottoposto al test. Da tali tracciati si possono quindi ricavare degli indici dinamici molto utili per valutare, all'inizio, l'entità del danno attraverso l'esame comparativo con l'arto sano e, successivamente, per adattare il trattamento rieducativi alle esigenze e possibilità del paziente.



*Fig. 2 - Registrazione dinamica del trattamento rieducativo con apparecchiatura CIBEX II.*



*Fig.3- forza (coppia) sviluppata dai muscoli estensori (Ext) e dai muscoli flessori (Fl) della gamba durante movimento di flesso-estensione alla velocità angolare prefissata e costante di 60°/sec. Le frecce indicano rispettivamente la forza massima dei muscoli estensori e flessori ed il corrispondente angolo dell'articolazione. 0° corrisponde a estensione completa dell'arto inferiore. Escursione articolare= 110°. Rapporto Fl/Ext= 0,53. velocità di scorrimento della carta: 1 quadrato = 5 mm = 1 secondo*

## Capitolo IV

### Recupero funzionale del ginocchio protesizzato

#### 4.1 Obiettivi di intervento

##### 4.1.1 La fase “pre-operatoria”

Gli obiettivi da raggiungere prima dell'intervento sono quelli della riacquisizione di un normale ROM, di un normale pattern del passo e della scomparsa del gonfiore. Lo scopo della rieducazione è di recuperare: la totalità dell'escursione articolare e il ripristino della forza muscolare. Numerosi studi hanno dimostrato come l'immobilità postoperatoria possa dare origine a numerosi problemi che interessano tutte le strutture articolari e periarticolari. La cartilagine articolare, per esempio, diviene più deformabile (+ 42%), meno spessa (- 9%) e la sua superficie meno regolare. Si verifica un calo dei glucosamminoglicani (fino al 48%), particolarmente nella zona superficiale. Anche l'idratazione si modifica, compare osteoporosi subcondrale e si possono formare aderenze fibro – adipose sulla sua superficie. Tutte queste modificazioni si instaurano rapidamente e diventano permanenti dopo otto settimane. Inoltre l'immobilizzazione causa la proliferazione di tessuto fibro – adiposo dell'articolazione. Anche la normale circolazione del liquido sinoviale viene compressa e con essa anche i legamenti; questo fenomeno è oltremodo grave nelle prime settimane postoperatorie durante la fase di rivascolarizzazione dei tessuti. Compare così una disorganizzazione cellulare e fibrillare del collagene che diviene meno solido, meno resistente e presenta un'aumentata deformabilità. La mobilizzazione rende la cicatrizzazione meccanicamente più solida, favorisce la creazione di collagene organizzato in modo tale da resistere al meglio alle forze di trazione. L'immobilizzazione causa una amiotrofia che va dal 30% al 47%, il suo instaurarsi è molto rapido e aumenta nel tempo in maniera esponenziale. E' stato dimostrato che già dopo 72 ore d'immobilizzazione si verifica una perdita nel diametro delle fibre muscolari che va dal 14% al 17%. Se la mobilizzazione precoce è importante per ottenere dei buoni risultati finali, altrettanto importante è, d'altra parte, proteggere le strutture articolari. Il trattamento rieducativo deve tener conto di due esigenze contrastanti: proteggere la zona trattata chirurgicamente, mantenere buona l'articolazione, ripristinare trofismo e propriocettività per permettere il completo recupero della funzione e la ripresa dell'attività fisica ed eventualmente sportiva.

Nell'attuazione di un protocollo di Rieducazione motoria possiamo individuare diverse fasi:

1. POST-OPERATORIA : *Prima fase del recupero funzionale*
2. POST-OPERATORIA : *Seconda fase del recupero funzionale*
3. RIEDUCAZIONE ALLO SPORT / FASE PREPARATORIA

#### 4.1.2 Fase post - operatoria

Per i primi giorni verranno eseguiti dei semplici esercizi necessari per facilitare la circolazione del sangue negli arti inferiori. Può essere usata anche una macchina per il movimento continuo passivo a carico del ginocchio in modo da facilitare il susseguente recupero articolare. Gli esercizi terapeutici contribuiranno a mantenere un adeguato "range" di movimento e il recupero di una sufficiente forza muscolare. Dopo 2 - 3 giorni dall'intervento si procederà quindi con un programma di mobilizzazione passiva del ginocchio con una macchina chiamata Kinetec(Fig 4-1) con un'escursione articolare che verrà aumentata di giorno in giorno. Dopo 3 - 4 giorni dall'intervento il paziente/atleta comincia un trattamento riabilitativo a letto con la presenza del terapeuta della riabilitazione.



**Fig. 4-1 : Kinetec**

Il trattamento iniziale viene concordato dall'equipe costituita dal chirurgo - fisiatra - terapeuta della riabilitazione con esercizi di crescente difficoltà. La rieducazione ha lo scopo di rinforzare la muscolatura e di dare al ginocchio una sufficiente articolarietà: dall'estensione completa fino ad almeno 90° di flessione. Le protesi di ginocchio permettono la deambulazione, in carico parziale, da 3 - 4 giorni dall'intervento entro l'arco di una settimana. Dopo 7 - 10 giorni si inizia la deambulazione con appoggio sfiorante e successivamente in carico totale dell'arto operato. Il terapeuta controlla che durante la fase

di appoggio il ginocchio sia esteso e che il passo avvenga in maniera corretta, cioè con contatto al suolo in successione di tallone - pianta - punta.

Dopo 12 - 15 giorni il paziente/atleta viene dimesso dopo la rimozione dei punti di sutura. Il medico compila una lettera di dimissione da consegnare al curante in cui è indicata la terapia antitromboemolitica e antiinfiammatoria da praticare. Inoltre, in base alle condizioni del ginocchio protesizzato viene consigliato al paziente/atleta di praticare da solo a domicilio o presso un centro specializzato il trattamento più idoneo. Il paziente/atleta deve eseguire più volte al giorno gli esercizi appresi durante la degenza e mantenere la borsa del ghiaccio il più a lungo possibile sul ginocchio. Il paziente/atleta viene controllato ambulatoriamente a 45 giorni dall'intervento, a 3 mesi, a 6 mesi e quindi annualmente. Durante tali controlli viene visitato dall'ortopedico ed esegue radiografie di controllo del ginocchio operato per valutare la stabilità della protesi. Infine, per mantenere il buon risultato ottenuto, è necessario evitare le eccessive sollecitazioni sul ginocchio e cioè: camminare su terreni accidentati, sollevare oggetti pesanti ed aumento ponderale.

#### *4.1.3 Prima fase del recupero funzionale*

Nei primissimi giorni: la mobilizzazione in flessione, anche se meccanicamente fosse possibile più ampia, non deve superare i 90° per limitare la tensione a livello dell'artrotomia. Il carico è consentito a condizione che la radiografia non evidenzi una lassità interna o esterna. Il paziente/atleta è invitato a mantenere il ginocchio esteso nel passaggio dalla posizione seduta a quella eretta per non flettere il ginocchio in carico. Nella posizione seduta e distesa l'arto va tenuto orizzontale e quando possibile con ghiaccio per contrastare l'edema e ridurre il dolore e l'infiammazione. La contenzione elastica (bendaggio, calze elastiche) è utile per combattere fenomeni flebitici che possono coinvolgere la vena surale o i livelli più alti (vena femorale o poplitea). In quest'ultimo caso per la stazione eretta si dovrà aspettare una riduzione almeno parziale del coagulo. Previo controllo clinico e strumentale. È però fondamentale escludere la compresenza di una grave arteriopatia obliterante periferica che determini un valore pressorio a livello dell'arteria tibiale posteriore < 70 mmHg, situazione che rappresenta una controindicazione assoluta al bendaggio. Se non ci sono inconvenienti, la **Rieducazione** può avere inizio già dal primo giorno. Il primo contatto con il paziente/atleta è sempre molto importante. Supino sul letto, gli arti inferiori in posizione declive (piedi del letto sollevati), si rimuove la stecca in estensione per iniziare una Rieducazione dolce e indolore:

- Mobilizzando l'articolazione tibio – tarsica soprattutto in dorsiflessione per ottenere uno scarico venoso, grazie all'attivazione della pompa muscolo – venosa del polpaccio; Mobilizzando dolcemente il ginocchio in flessione, non allo scopo di aumentare l'escursione articolare ma per favorire una distensione delle strutture articolari e un rilasciamento muscolare;
- Invitando il paziente/atleta a compiere alcune contrazioni isometriche del muscolo quadricipite anche se in presenza di un flexum antalgico;
- Mettendo in piedi il paziente/atleta con l'aiuto di un deambulatore e con la stecca in estensione.

Il secondo giorno si esegue con questo tipo di programma, introducendo anche l'uso di apparecchi per la *Rieducazione passiva* con una escursione angolare non dolorosa. La deambulazione può essere provata sempre con l'ausilio di un deambulatore, ma senza la stecca in estensione. Attraverso contrazioni isometriche del muscolo quadricipite si ricerca l'estensione non dolorosa del ginocchio. Il terzo giorno si continua a ricercare l'estensione del ginocchio: con il paziente/atleta in posizione seduta si può eseguire una flessione attivo – passiva del ginocchio non dolorosa e si abbandona il deambulatore per cominciare a camminare con due canadesi. Il quarto giorno il paziente/atleta deve acquisire l'autonomia nei trasferimenti letto – poltrona. Dal quinto all'ottavo giorno si intensifica il lavoro alla ricerca del recupero dell'escursione articolare; il paziente/atleta è invitato a camminare per almeno 15 minuti al giorno. Entro il decimo giorno il paziente/atleta è addestrato a utilizzare le scale gradino per gradino, salendo con la gamba non operata e scendendo con quella operata. Entro il quindicesimo giorno il paziente/atleta torna a casa e prosegue con sedute di fisiocinesiterapia dalle tre alle sei volte alla settimana.

Tra gli *obiettivi della prima fase* della Rieducazione motoria si tengono presenti complessivamente i seguenti obiettivi:

- Recupero della mobilità articolare nei limiti delle possibilità meccaniche della protesi, che sono: estensione completa (0°) e flessione 120° (nei primi 60 giorni difficilmente si superano i 90°). Ciò si ottiene con una mobilizzazione manuale indolore, uso del mobilizzatore passivo per non più di 15 minuti consecutivi ma fino a tre – quattro volte al giorno e, superati i 90° di flessione, con esercizi di puleggioterapia<sup>12</sup>;
- Prevenzione della formazione di aderenza e di fibrosi cicatriziali: anche a questo scopo è utile la mobilizzazione passiva in flessione nonché la massoterapia e la

---

<sup>12</sup> **Puleggioterapia:** Tecniche destinate a riportare alla normalità, o quanto più possibile vicino alla norma, un movimento alterato in seguito ad eventi patogeni

mobilizzazione manuale delle strutture periarticolari, della cicatrice e soprattutto della rotula;

- Recupero di una buona stabilità del ginocchio;
- Recupero dell'estensione totale del ginocchio;
- Recupero del trofismo dei muscoli ischio – crurali;
- Abbandono delle canadesi tra il 45° e il 60° giorno, mentre rimane vietato guidare l'automobile prima dei due mesi.



**Fig. 4-2 Cinesiterapia**

Il **recupero di una buona stabilità** del ginocchio e della sua estensione totale è un obiettivo molto importante da realizzare in questa fase postoperatoria: è indicato un lavoro attivo isometrico del muscolo quadricipite in estensione, con una buona risalita della rotula. In definitiva la ricerca dell'estensione completa e indolore rappresenta un cardine fondamentale di questo protocollo. In caso di deficit di estensione o comparsa di un flexum del ginocchio è doveroso sospettare un sovraccarico, specie se localmente sono presenti tumefazione e calore: in questa situazione è necessario ridurre l'intensità del lavoro e dare al ginocchio un po' più di riposo; l'uso del ghiaccio durante gli intervalli delle sedute è sempre un utile coadiuvante, così come l'uso di una stecca per il riposo notturno in estensione (in realtà in flessione di pochi gradi) può aiutare a recuperare l'estensione in tempi brevi. In questa prima fase è imperativo rispettare la regola del non dolore e tenere presente i limiti meccanici della protesi; pertanto è importante evitare la flessione forzata o troppo rapida per non superare le possibilità meccaniche della protesi con rischio di instabilità. Il dolore deve essere sempre evitato e in ogni caso rispettato e interpretato. Ridurre l'intensità della terapia, sia come intensità del lavoro svolto sia come frequenza, è di norma una procedura efficace contro il dolore. La crioterapia dopo le sedute di rieducazione e periodi di maggiore riposo sono semplici e utili accorgimenti per combattere il dolore.

### *Esercizi proposti nella prima fase del recupero funzionale*

Con il paziente/atleta seduto, si possono effettuare alcune contrazioni isometriche del muscolo quadricipite in estensione posizionando spessori via via sempre minori sotto il cavo popliteo. Per rieducare selettivamente il muscolo vasto mediale si può richiedere al paziente/atleta di sollevare dal lettino l'arto inferiore e poi attivo; controllando la buona qualità e localizzazione della contrazione muscolare. Sempre per il lavoro del muscolo quadricipite in estensione sono utili tecniche di diffusione che agiscono sulle catene muscolari: per esempio richiedere al paziente/atleta di flettere dorsalmente la caviglia mentre spinge l'arto in estensione contro resistenza, come a voler schiacciare qualcosa sotto il tallone. Nella stazione eretta questo lavoro può essere continuato con la marcia sui talloni e, meglio, con un esercizio semplice ma che richiede un controllo motorio più fine: in posizione di stazione eretta, spingere i talloni a terra espirando, al fine di attivare la catena di estensione del ginocchio e i muscoli del perineo per il controllo del bacino. Una volta appreso questo esercizio nella stazione eretta, si può provare a camminare lentamente sempre schiacciando i talloni a terra, con attenzione rivolta alla qualità della contrazione e non alla forza sviluppata. Queste tecniche possono essere utilizzate per ottenere in tempi brevi una buona qualità di contrazione del muscolo quadricipite ma anche per un drenaggio efficace della zona. In caso di "stordimento" importante del muscolo quadricipite conseguentemente all'intervento, può essere utile l'elettrostimolazione, che consente un "risveglio propriocettivo" del muscolo in preparazione al lavoro attivo, e, come è stato dimostrato, che permette altresì di mobilizzare volumi di sangue significativi, favorendo così il drenaggio della zona.

### *Attività motoria in caso di complicanze*

In caso di tromboflebite è spesso necessario sospendere l'attività di recupero funzionale su tutto l'arto e intraprendere la terapia medica del caso. Tra le complicanze in questa fase della rieducazione va menzionato anche un ritardo nel recupero della flessione: se il paziente/atleta non raggiunge i 60° in tre settimane bisogna informare il chirurgo per i provvedimenti del caso. Nei primi due mesi postoperatori, infatti, è necessario un controllo graduale e progressivo della flessione fino a 90°, dopo di che si può gradualmente cominciare un lavoro attivo e dinamico del muscolo quadricipite contro resistenza, attività controindicate in tutta la fase precedente.

#### 4.1.4 *Seconda fase del recupero funzionale*

La seconda fase della Rieducazione motoria, che di norma inizia a due mesi dall'intervento, ha carattere prevalentemente attivo ed è mirata essenzialmente al recupero funzionale e alla riprogrammazione posturale. I punti salienti di questa seconda fase riguardano la rieducazione funzionale, che prevede il recupero dell'equilibrio e della reazione antigravitaria, della propriocettività e della deambulazione/stepping, la riprogrammazione posturale e la rielaborazione dello schema corporeo. Il lavoro articolare viene portato avanti fintanto che non viene raggiunta la completa estensione ( $0^\circ$ ) e una flessione di circa  $120^\circ$ . Pertanto, anche quando il recupero articolare è ottimamente completato, il ginocchio rimane con una significativa riduzione della flessione: ciò giustifica un lavoro di mobilità articolare dell'anca e della caviglia, specie in flessione, articolazioni che in qualche modo possono ricaricare il deficit flessorio del ginocchio. La mobilizzazione delle articolazioni coxofemorali e tibio – peroneo – astragalica può essere proficuamente effettuata con tecniche manuali, articolari o a energia muscolare. La mobilizzazione attiva degli arti inferiori nel loro insieme può continuare facendo uso della “ciclette” ergonomica, in cui il paziente/atleta può svolgere il movimento ciclico della pedalata in posizione supina e con gli arti inferiori sopraelevati rispetto al tronco, traendone evidenti vantaggi biomeccanici ed emolinfodinamici. Nell'ottica del reclutamento dell'intera catena articolare dell'arto inferiore (anca – ginocchio – caviglia), si utilizza un lavoro di grounding in chiave propriocettiva, consistente in una triplice flessione a fisarmonica, mantenendo in asse il ginocchio e correggendo i compensi per esempio a livello lombare. Questo movimento, che implica un reclutamento importante del muscolo quadricipite, viene proposto in chiave propriocettiva e di presa di coscienza corporea, con percezione dell'appoggio plantare, poi spostamento del carico sull'avampiede e sul retro piede tanto sull'arto destro quanto su quello sinistro: la fase di estensione, sempre a fisarmonica, viene svolta chiedendo al paziente/atleta di schiacciare i talloni a terra. Al fine di stimolare maggiormente la propriocettività e l'eterocettività plantare, questo esercizio può essere eseguito su superfici tipo mousse, tappeti propriocettivi a densità variabile, piani instabili, tavolette oscillanti, con le dovute facilitazioni. Questo tipo di lavoro può essere suggerito anche per sedersi e alzarsi da uno sgabello, sempre correggendo il compenso e mantenendo una buona dissociazione dei cingoli pelvico e scapolo – omerale. Si può sfruttare un punto di riferimento posteriore facendo scivolare il dorso del paziente contro la parete durante i movimenti di flesso – estensione dell'arto inferiore; in questa condizione, di norma il soggetto viene aiutato a sentire il coinvolgimento dell'anca con movimenti di antiversione e retroversione del bacino. Riguardo all'equilibrio e alla funzione antigravitaria, sono

proposti sbilanciamenti in avanti con esecuzione di affondi e percezione della reazione antigravitaria, anche su tappeto propriocettivo. L'equilibrio in appoggio monopodalico viene ricercato bilateralmente, gradualmente e con le dovute facilitazioni, anche abbinando movimenti degli arti superiori sui vari piani. In questa fase, per la rieducazione propriocettiva e dell'equilibrio ci si può servire dei classici piani instabili e tavolette oscillanti. Per la stimolazione della propriocettività plantare e per favorire un buon senso di stabilità nella stazione eretta possono essere utilizzate superfici propriocettive capaci di generare un'iperstimolazione dei recettori cutanei e muscolari, quali palline, bacchette di legno, superfici a rilievo. La rieducazione della deambulazione deve essere preceduta da un *attento esame del passo e della stazione eretta*<sup>13</sup>, innanzitutto clinico, ma anche strumentale (stabilometria, baropodometria), onde valutare i deficit presenti e la strategia neuropsicomotoria adottata dal paziente/atleta. Per esempio può essere evidenziato un ciclo del passo disarmonico, con appoggio del retropiede e fase propulsiva di spinta dell'avampiede deficitari: il piede contatta il terreno in modo poco reattivo e non partecipa attivamente e armoniosamente per l'inefficienza della sequenza che va dall'appoggio del tallone alla spinta propulsiva delle dita. In questi casi è necessario organizzare una rieducazione della deambulazione mirata e individualizzata, con specifici accorgimenti tecnici; per esempio l'uso del *tapis roulant* con una certa pendenza (in salita) consente un buono svolgimento del passo e facilita la messa in atto di una fase propulsiva efficace dell'avampiede, il tutto sotto attento controllo e in chiave di presa di coscienza del movimento corretto. Anche la marcia avanti e indietro, così come la marcia sul posto con bersagli visivi differenziati sempre stimolando l'uso coordinato degli arti superiori (marcia ad *ambio*<sup>14</sup> e marcia crociata), possono essere validi accorgimenti per recuperare un buono schema motorio del cammino. Durante tutto il programma riabilitativo, sia nella prima sia nella seconda fase, un'attenzione particolare viene rivolta alla **respirazione**, con presa di coscienza del ritmo e dell'ampiezza del respiro, ricercando un buon movimento toraco – diaframmatico e combattendo il frequente blocco inspiratorio del diaframma. Tra gli innumerevoli vantaggi di una simile proposta è compreso per esempio quello emodinamico, particolarmente importante in presenza di flebolinfedema e in generale di insufficienza venosa e linfatica. Al fine di ottenere una maggiore motivazione e consapevolezza, può essere utile far ascoltare al paziente/atleta il suono del doppler,

---

<sup>13</sup> Vedi allegato V: *Elementi di base per la valutazione clinica del cammino in medicina riabilitativa.*

<sup>14</sup> **Ambio**: Andatura dei quadrupedi naturale nel cammello, dromedario e giraffa, cavallo consistente nel muovere alternativamente ora gli arti di un lato ora quelli dell'altro.

durante le fasi inspiratorie ed espiratorie, evidenziando così la rilevanza del training respiratorio per l'emodinamica venosa.

#### *4.1.5 Ritorno alla fase attiva / fase di mantenimento*

Il successo di un intervento di un artroprotesi di ginocchio è legato al corretto allineamento dell'arto, alla fissazione delle componenti ed alla realizzazione di una adeguata sufficiente stabilità articolare. Risulta quindi importante avere a disposizione un sistema protesico modulare che si possa adattare alle varie condizioni patologiche riscontrate. Non appena dolore e gonfiore sono controllati il paziente/atleta può iniziare la fase della Rieducazione motoria che prevede il ritorno all'attività. Lo scopo di questa fase è di migliorare le capacità funzionali e preparare il graduale ritorno all'attività occupazionale o ricreativa. Il rafforzamento è prettamente specifico, e altrettanto lo è il ritorno all'attività. Altri fattori da considerare sono il riacquisto di una forza adeguata, il recupero della lunghezza muscolare, il tentativo di correggere gli allineamenti e l'attuazione di un processo valutativo delle funzioni. Lo scopo è il ritorno lento e progressivo del paziente/atleta alla piena attività. Questo può essere realizzato attraverso la scomposizione di capacità complesse nelle rispettive componenti. Per esempio, se l'attività è la **pallavolo**, l'elenco delle capacità dovrebbe includere i seguenti esercizi tecnici: il salto verticale, gli scarti laterali, il carioca ed il pedalare all'indietro simulato o su cyclette. Il ritorno all'attività dovrebbe essere integrato da un programma di esercizi di mantenimento. Lo scopo di tale programma è impedire il ripresentarsi della patologia acuta, specialmente secondaria a sforzi eccessivi. Un aspetto che deve essere considerato è che non tutti i pazienti/atleti con protesi di ginocchio possono giungere ad "pieno recupero" con il ritorno alle attività funzionali. Per questi pazienti, un programma di esercizi di mantenimento può limitarsi ad un programma a basso livello di forza ed esercizi di flessibilità. Per questo tipo di paziente/atleta, la modificazione dell'attività funzionale si limita a lungo termine alla marcia e al salire le scale. Durante il processo di Rieducazione motoria è essenziale che lo specialista programmi il risultato funzionale in base alle necessità, alle limitazione anatomiche e biomeccaniche, al grado di patologia ed all'accettazione del programma di rieducazione individuale da parte del paziente. Ognuno dei suddetti fattori ha un effetto diretto sulla riuscita del trattamento. E' importante che il clinico riconosca questi fattori limitanti, come importante è eseguire una valutazione completa ed accurata al fine di raggiungere un risultato realistico sia per il paziente/atleta che per lo specialista della Rieducazione motoria.

## 4.2 Protocolli di Rieducazione motoria

La sequenza del programma di Rieducazione motoria è volta a permettere la guarigione e la riduzione dell'infiammazione nei tessuti coinvolti con un periodo di immobilizzazione breve o nullo. Il programma promuove il ritorno all'attività con protezione dei tessuti sollecitati, rieducazione dei muscoli, distensione dei tessuti retratti, correzione dei biomeccanismi anomali, controllo del processo infiammatorio e recupero della funzionalità. Il paziente/atleta affetto da una particolare patologia femoro – rotulea è collocato nella rispettiva fase della Rieducazione motoria a seconda dei segni e dei sintomi che mostra; pertanto avremo:

### 1. La fase acuta

### 2. La fase subacuta

#### 4.2.1 Fase acuta

La fase acuta è caratterizzata dai seguenti aspetti:

- Dolore da moderato a marcato;
- Sensibilità dei tessuti affetti;
- Un processo infiammatorio acuto;
- Limitata ampiezza dei movimenti;
- Contrazione muscolare debole, specialmente dei quadricipiti;
- Versamento articolare.

Durante la fase acuta la Rieducazione motoria si pone come obiettivo la diminuzione del dolore, il ripristino della normale funzione muscolare, la diminuzione del gonfiore, equilibrare il ritorno alla *ROM*<sup>15</sup> piena con una limitazione iniziale della ROM e dal carico al fine di proteggere le strutture in via di guarigione. In questa prima fase della Rieducazione motoria il clinico deve evitare di condurre il paziente/atleta verso una sindrome da disfunzione dolorosa attraverso una rieducazione oltre modo aggressiva. Il primo approccio del trattamento si serve del dolore e del gonfiore come indicatori per *evitare* di irritare la situazione. Esercizi eccessivamente aggressivi, la mancata riduzione dell'attività o il mancato trattamento delle strutture dolenti, possono esacerbare i sintomi. Lo scopo iniziale della fase acuta di Rieducazione motoria è controllare o diminuire il dolore. L'uso di metodiche per il controllo del dolore è quindi largamente accettato. Alcune forme di stimolazione elettrica possono essere impiegate come ulteriore aiuto nella

---

<sup>15</sup> **ROM:** Range of movement

riduzione del dolore. Queste forme sono: la stimolazione elettrica nervosa transcutanea (TENS), la stimolazione elettro galvanica (EGS), e la stimolazione interferenziale. Esistono due teorie sull'efficacia delle correnti elettriche come analgesici. La teoria della barriera del controllo del dolore, proposta da Melzack e Wall, afferma che i potenziali di azione viaggianti lungo fibre nervose afferenti di grande diametro dai recettori cutanei si contendono l'accesso alle vie centrali sensoriali ascendenti nel corno posteriore del midollo spinale con quelli delle fibre sensoriali mielinizzate di piccolo diametro, anch'esse portatrici di informazioni dolorose. L'attività nelle fibre grandi ha la precedenza su quella nelle fibre piccole, così il sistema nervoso centrale chiude "la barriera" all'arrivo delle informazioni dolorose, e questo conduce ad una riduzione del dolore. L'uso clinico di correnti elettriche tende a stimolare le fibre mieliniche di grande diametro, e si crede che questa azione sia un **revulsivo** allo scopo di bloccare il segnale doloroso nel suo percorso verso la corteccia. Una seconda teoria a sostegno dell'uso della stimolazione elettrica nella rieducazione del dolore è la teoria degli oppioidi endogeni. Questa teoria si basa sul fatto che dopo la stimolazione elettrica nessuna informazione recettiva entra nel midollo spinale e viaggia verso il talamo per interagire nel mesencefalo. I nuclei del mesencefalo aumentano quindi la loro attività verso il segmento spinale, il quale causa un rilascio in circolo di neurotrasmettitori inibitori che sbloccano l'ulteriore trasporto di stimolazioni dolorose. Questi neurotrasmettitori inibitori, la cui funzione è indurre analgesia, sono conosciuti come oppioidi endogeni. Il secondo obiettivo di questa fase della Rieducazione motoria è ripristinare la funzione muscolare normale dei quadricipiti. La rieducazione aggressiva della muscolatura del quadricipite è essenziale per il controllo della rotula. Inoltre il dolore ha un effetto inibitorio sulla capacità a contrarre completamente i quadricipiti mediante il sistema mecano - recettoriale. Esercizi isometrici multi – angolo dei quadricipiti (per cui non compare dolore) e il sollevamento della gamba tesa, con o senza l'aumento della stimolazione elettrica, sono essenziali per la rieducazione del muscolo. Questi esercizi sono scelti perchè minimizzano le forze compressive della rotula nel solco trocleare. Gli esercizi ad arco corto dei quadricipiti possono produrre eccessive forze compressive femoro – rotulee su piccole aree di contatto. Benchè gli esercizi ad arco corto dei quadricipiti possono essere efficaci nel rafforzare il vasto mediale, si deve particolare attenzione a evitare le alte forze compressive femoro – rotulee, che sono nocive per le superfici articolari. Il terzo obiettivo della fase di Rieducazione motoria acuta è ridurre il gonfiore nell'articolazione e negli altri tessuti molli.

Il metodo **P.R.I.C.E.** può essere applicato nel modo seguente:

- P – *Protect*: Protegge le strutture in via di guarigione secondo la necessità con fasciature che limitano l'ampiezza di movimento;
- R – *Rest*: Riposo delle strutture in via di guarigione con limitazione del carico;
- I – *Ice*: Raffreddare le strutture lese per impedire l'aumento del gonfiore;
- C- *Compressive*: Usare un bendaggio compressivo per impedire l'aumento del gonfiore ;
- E – *Elevate*: Sollevare l'estremità per consentire al sangue di rifluire verso il cuore.

Si possono anche usare modalità terapeutiche per il controllo e la riduzione del gonfiore nell'articolazione. La crioterapia e l'EGS vengono descritte nella letteratura come modalità per favorire efficacemente la riduzione del versamento articolare. Altre modalità possono essere utilizzate per il trattamento di infiammazioni localizzate, come l'applicazione di medicazioni transdermiche sottoforma di fonoforesi e ionoterapia. Una ROM completa è d'obbligo per la corretta funzione dell'articolazione e dei tessuti molli circostanti. Gli esercizi di ROM passiva nella fase acuta favoriscono la guarigione grazie al mantenimento di un ricambio del liquido sinoviale attraverso l'articolazione e mantenendo l'elasticità del tessuto connettivo per impedire la rigidità e le aderenze articolari.

#### 4.2.2 Fase subacuta

Durante la fase subacuta la Rieducazione motoria della patologia femoro – rotulea si centra intorno ai concetti di miglioramento della funzione dei quadricipiti, controllo del dolore con l'aumento dell'attività, correzione dello squilibrio muscolare nel rapporto lunghezza tensione, correzione di anomalie dell'allineamento con l'applicazione di ortesi e inizio di un programma di mantenimento orientato allo specifico ritorno alla funzione.

Nella fase subacuta della riabilitazione il paziente/atleta dimostra:

- Completa ampiezza di movimento;
- Pieno carico;
- Riduzione del versamento articolare acuto (può persistere gonfiore cronico dopo gli esercizi);
- Contrazione volontaria dei quadricipiti sufficiente a raggiungere la piena estensione del ginocchio ; Controllo del dolore durante le attività quotidiane.

Nella fase subacuta della Rieducazione motoria l'uso di metodiche per il controllo del dolore e del gonfiore continua come già affermato, secondo valutazione. Il rafforzamento dei quadricipiti è esteso con esercizi a catena cinetica aperta e chiusa. Gli esercizi a *catena cinetica aperta* sono quelli descritti come combinazione di diversi movimenti articolari

riuniti con successo dove il segmento distale è libero. Tra gli esempi di esercizi a catena cinetica aperta vi sono l'estensione attiva del ginocchio in modo progressivo resistivo (PRE) e il nuoto. Le attività a *catena cinetica chiusa* sono definite come quelle che si verificano con la parte finale dell'estremità fissata mentre si applica un carico. I principali vantaggi della gran parte degli esercizi a catena cinetica chiusa sono dovuti principalmente a due fattori: il primo è il controllo dinamico dei muscoli ischiocrurali che durante un esercizio in carico compensano il momento flettente dell'anca riducendo la traslazione tibiale anteriore prodotta dall'azione del quadricipite. Tra gli esempi di esercizi a catena cinetica chiusa vi sono il salire e lo scendere un gradino, i balzi in avanti e l'accovacciamento. L'elasticità della muscolatura dell'estremità inferiore è una componente essenziale della riuscita della rieducazione motoria femoro – rotulea. La prescrizione dello stretching dovrebbe riguardare tutti i maggiori gruppi muscolari dell'estremità inferiore, con particolare attenzione a quelli riconosciuti come corti durante la valutazione. È raccomandabile applicare lo stretching per tre – cinque volte al giorno e per una durata da 20 a 30 secondi, ai muscoli posteriori della coscia ai quadricipiti, al polpaccio, ai flessori e agli adduttori dell'anca. La tecnica dello stretching manuale può essere necessaria al fine di integrare il programma domestico. Anche il training propriocettivo, con tavole di equilibrio e attività di stepping, viene iniziato durante la fase subacuta della Rieducazione motoria. Queste attività vengono eseguite in più sedute da 30 a 60 secondi. L'obiettivo finale del training propriocettivo è ristabilire la sensibilità dinamica e migliorare la capacità del paziente/atleta di eseguire attività. Il controllo dinamico articolare si riferisce alla consapevolezza nell'esecuzione delle attività complesse coordinate. Il paziente/atleta dovrebbe iniziare esercizi di resistenza che si aggiungono al programma di rinforzo. In generale, gli esercizi di resistenza aumentano le dimensioni e la forza di estensione di tendini e legamenti. E' importante evitare attività che possono determinare sull'articolazione femoro – rotulea eccessive forze trasversali. Tra le attività di natura aerobica che generano minime forze compressive nell'articolazione femoro – rotulea vi sono i programmi di Nordic track, piscina e le passeggiate.

### ***4.3 Rielaborazione della schema corporeo e riprogrammazione posturale***

Un danno organico, una modificazione funzionale in seguito a impianto di protesi, un'alterazione posturale comportano in ogni caso un cambiamento dell'immagine corporea. Si può immaginare come un intervento così invasivo, quale l'impianto di protesi totale del ginocchio, comporti modificazioni radicali che possono non essere accettate dal paziente/atleta a livello sia neuropsicomotorio sia posturale. “Gli individui regolano la posizione del centro di gravità rispetto al terreno attraverso l'uso di uno schema posturale corporeo che include la rappresentazione interna della verticale, della cinematica corporea e della cinetica corporea. Il principale substrato a base dell'orientamento corporeo è il cosiddetto “schema corporeo posturale”. Si ritiene dunque, “irrinunciabile” un lavoro di rielaborazione dello schema corporeo nel paziente/atleta che è stato sottoposto a un intervento di protesi di ginocchio, mettendo in condizioni di sviluppare un processo gnosico – percettivo significativo, allo scopo di favorire un miglior controllo motorio e posturale e una serena accettazione della nuova condizione corporea. La ristrutturazione dello schema corporeo posturale, può procedere parallelamente alla riprogrammazione posturale e può avere inizio con l'auricoloterapia posturale. La ragion d'essere di un trattamento di riprogrammazione posturale è evidente: cambiamenti così radicali a livello anatomo – funzionale comportano in una percentuale altissima di casi un disequilibrio del sistema tonico posturale; utilizzando gli strumenti propri della posturologia, questi squilibri e queste alterazioni devono essere valutati e trattati nei modi opportuni, onde completare in un'ottica olistica il protocollo cinesiterapico postoperatorio. L'obiettivo è recuperare una buona funzionalità nelle attività della vita quotidiana: non si possono ricercare prestazioni straordinarie in un ginocchio con protesi. L'intervento, deve seguire lo spirito della regola del non dolore e dosare la rieducazione motoria in funzione di obiettivi realizzabili; è più facile sbagliare per eccesso che per difetto, sovraccaricando l'arto con un lavoro troppo intenso e controproducente. Il recupero articolare e la rieducazione funzionale vengono integrati con un lavoro di riprogrammazione posturale e di rielaborazione dello schema corporeo, nell'ottica di una visione globale dell'approccio riabilitativo. Si riportano di seguito gli obiettivi salienti della rieducazione postoperatoria del ginocchio:

- Recupero totale dell'estensione (°);
- Recupero della flessione nei limiti meccanici della protesi (120°);
- Stabilizzazione del ginocchio;
- Recupero funzionale (equilibrio, deambulazione, stepping);
- Riprogrammazione posturale e rielaborazione dello schema corporeo.

## Capitolo V

### Protocolli di attività motoria

#### 5.1 Protocollo di “attività motoria avanzata” del calciatore con protesi monocompartimentale di ginocchio



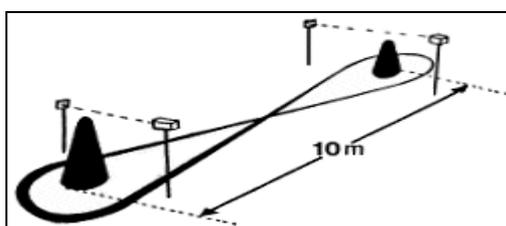
Il protocollo progettato e testato su calciatori professionisti, viene somministrato a partire dalla 120° giornata post - operatoria e comunque quando siano già stati raggiunti i seguenti obiettivi:

- Recupero totale dell'articolarietà;
- Recupero del tono-trofismo muscolare;
- Recupero della propriocetività;
- Ripristino del corretto schema motorio della corsa;
- Ripristino della flessibilità muscolare generale.

Deve, inoltre, essere stata raggiunta in precedenza una buona condizione dell'apparato cardiocircolatorio, della struttura muscolare del busto e degli arti superiori. Il suddetto protocollo suddiviso, orientativamente, in due periodi (il primo dalla 120° alla 180° giornata ed il secondo dalla 180° giornata in poi) ha come obiettivi la riacquisizione dell'elasticità del sistema muscolo tendineo delle articolazioni della caviglia, del ginocchio e dell'anca, il ripristino della simmetria di spinta tra i due arti (forza dinamica) e della coordinazione neuro-muscolare e il raggiungimento di un buon livello di capacità e potenza aerobica.

All'inizio ed alla fine del periodo di intervento, l'attività motoria finalizzata al ripristino ed alla reintegrazione delle funzionalità dell'articolazione del ginocchio, precedentemente protesizzato, sarà utile eseguire i seguenti test:

●	valutazione <b>forza massima arti inferiori</b> ( <i>Test isocinetico</i> );
●	valutazione <b>forza esplosiva</b> ( <i>Test con Biorobot o Squat Jump con pedana di Bosco</i> );
●	valutazione <b>forza esplosiva ed energia elastica</b> ( <i>Test Counter Movement Jump con pedana di Bosco + 15" e 30" balzi successivi</i> );
●	valutazione <b>potenza aerobica</b> ( <i>Test Cooper 12' o Test Cooper Modificato 2.400 mt</i> );
●	valutazione <b>velocità</b> ( <i>test dei 30 mt</i> );
●	valutazione <b>capacità d'accelerazione e decelerazione</b> ( <i>test dei 40 mt a navetta</i> );
●	<b>Hop Test-Triple Hop Test</b> ;
●	<b>Corsa ad 8 con fotocellula.</b>



*Fig. 5-1 Diagramma per illustrare la corsa ad 8*

Le sedute sul campo andranno inserite, in questo primo periodo, in modo graduale fino a raggiungere il 50% del totale delle sedute, il rimanente 50% si continuerà a svolgere in palestra, dove saranno inseriti *circuit training* che impegnino i muscoli del tronco e degli

arti superiori (addominali, lombari e glutei, bicipiti, tricipiti, pettorali, cingolo scapolo-omerale).

Saranno effettuati 2-3 circuiti di 8-10 stazioni (10-20 ripetizioni per ogni stazione), con circa il 50-60% del carico max. e 20" di recupero tra una stazione e l'altra. Intervallare circa 2'-3' di recupero tra un circuito e l'altro.

<b>riscaldamento: bike 10'-15'</b>	
<b>Stretching settoriale</b> (ischio-peronei, tibiali, quadricipite, tricipite surale, etc.)	
<b>Stretching posturale</b>	
Adduttori: Adductor Machine o cavi:	3-5 serie x 12-15 ripetizioni recupero 40"-1' 50-70% carico max
Abduttori: Abductor machine o cavi:	3-5 serie x 12-15 ripetizioni recupero 40"-1' 50%-70% carico max
Flessori e glutei: Leg curl o cavi:	3-5 serie x 12-15 ripetizioni recupero 40"-1' 50%-70% carico max
Quadricipite: Leg extension:	3-5 serie x 12-15 ripetizioni recupero 40"-1' 50%-70% carico max
Tricipite surale: Calf machine:	3-5 serie x 12-15 ripetizioni recupero 40"-1' carico pari al peso corporeo

**Tab. 8** Scheda di allenamento da eseguire in palestra attrezzata

### **Allenamento della potenza con utilizzo di Biorobot o di Power Control**

Dopo aver valutato il picco massimo di potenza espressa, effettuando un test su Leg Press, si eseguono 4-6 serie di 8-10 ripetizioni all'80-90% della massima potenza espressa, con un recupero totale tra le serie. E' possibile arrivare anche ad 8 serie frazionandole in 2 x 4, con 15'-20' di recupero tra i due blocchi.

●	Shuttle: spinte alla Leg press staccando i piedi dall'appoggio (come un salto) 6-8 serie, 6-8 ripetizioni, con carico 70%-100% peso corporeo, recupero 50"-90";
●	½ Squat dinamico con bilanciere sulle spalle: 4-6 serie, 6-8 ripetizioni, con carico 80%-120% peso corporeo, recupero quasi totale;
●	½ Affondi frontali e laterali con bilanciere sulle spalle: 3-5 serie, 10-12 ripetizioni, con carico 30%-50% peso corporeo, recupero 90"-120";
●	Step up (salita su plinto 30-50 cm) con bilanciere sulle spalle: 3-5 serie, 6-10 ripetizioni (alternando gli arti inf.), con carico 30%-50% del peso corporeo recupero 90"-120".
●	Esercitazioni pliometriche (caduta da un plinto, di 30-50 cm, con rimbalzo): 2-3 serie, 4-6 rimbalzi, 20"-30" tra le ripetizioni, 3'-5' di recupero tra le serie;
●	Esercitazioni propriocettive: stabilità bi e monopodalica su terreno e su tavolette instabili e cuscini, su tappeti elastici, su superfici ristrette. Ad occhi chiusi: balzi in rotazione 90°-180°-360°; balzi con arrivo da superficie stabile a superficie instabile.

***Tab. 9 Allenamento della resistenza con utilizzo di Biorobot o di Power Control***

●	Corsa con cambi di velocità ogni 50-60 mt;
●	Calciata circolare (in senso orario ed antiorario);
●	Corsa laterale, ad 8, con accelerazione - decelerazione - arresto;
●	Passo carioca, S;
●	Saltelli sugli avampiedi;
●	Skip in piano e sui gradoni;
●	Balzi verticali;
●	Sprint sui 30 mt ed a navetta.

***Tab. 10 Esercitazioni di forza speciale in campo di calcio***

	<b>A-B:</b>	slalom, tra 8 paletti a 120 cm di distanza, con il pallone che verrà abbondato in prossimità del punto B (ultimo paletto);
	<b>B-C:</b>	scatto avanti (distanza B-C 10 metri);
	<b>C-B:</b>	corsa indietro;
	<b>B-C:</b>	scatto avanti;
	<b>C-D:</b>	corsa lenta;
	<b>D-E:</b>	corsa laterale verso sinistra (distanza D-E 10 metri);
	<b>E-F:</b>	scatto avanti (distanza E-F 10 metri);
	<b>F-G-H:</b>	corsa lenta;
	<b>H-I:</b>	slalom, tra 8 paletti a 120 cm di distanza, con la palla che verrà abbandonata in prossimità del punto I (ultimo paletto);
	<b>I-L:</b>	corsa lenta;
	<b>L-M:</b>	corsa laterale verso destra (distanza L-M 10 metri);
	<b>M-N:</b>	scatto avanti (distanza M-N 10 metri);
	<b>N-O-B:</b>	corsa lenta; il percorso riparte dal punto B, dove si riprenderà la palla e si effettuerà lo slalom avanti fino al punto A.

*Tab. 11 Schema dettagliato di campo per esercitazioni di attività motoria per intervento di recupero dell'articolazione del ginocchio precedentemente operato*

## **Esercitazioni di attività motoria per l'incremento della capacità e della potenza aerobica: scheda integrativa**

Le esercitazioni di capacità aerobica vengono di norma inserite alla fine della seduta d'allenamento.

### ***Capacità Aerobica:***

- *Corsa continua* (4-7 km) con incremento progressivo della distanza e della velocità (15%-20%) in più del tempo realizzato per correre 1000 mt nel Test di Cooper modificato).
- *Fartlek* (12'- 20') alternando 30" ad andatura sostenuta e 1'30" ad andatura più lenta (incrementare progressivamente la durata e la velocità della prova).

### ***Potenza Aerobica:***

- *3-5 giri di campo* x 800-1.000 mt con 3' - 4' di recupero. Incrementare progressivamente il numero di ripetute e la velocità, diminuendo il tempo di recupero. La velocità attestata, all'incirca, intorno al 3-5% in più del tempo di percorrenza dei 1000 mt del Test di Cooper modificato (2.400 mt).
- *8-10 giri di campo* x 300-400 mt con 50" circa di recupero tra le prove. La velocità da adottare è pari a circa il 12%-14% in più rispetto al valore di riferimento citato in precedenza.

Gli sprint ed i progressivi possono essere usati anche come mezzo di trasferimento della forza nella velocità, dopo la seduta di muscolazione. Per questo allenamento si adotterà il sistema delle prove ripetute, le pause saranno complete, cioè sufficienti a consentire un recupero totale.

•	Sprint su <b>distanze brevi</b> 20 - 30 mt;
•	Progressioni su <b>distanze di 80 - 100 mt</b> ;
•	Corsa con cambio di fronte su <b>distanze di 60 - 80 mt</b> ; corsa con cambio di direzione in avanzamento ed in arretramento, su distanze di 60 - 80 mt;
•	Brevi tratti di corsa veloce, intervallati da arresti repentini e successivo ripristino della velocità su distanze di 80 - 100 mt.
•	Esercizi di rapidità, sotto forma di skip e ½ skip, da fermo ed in movimento (20 - 30 mt).

**Tab. 12 Gli sprint**

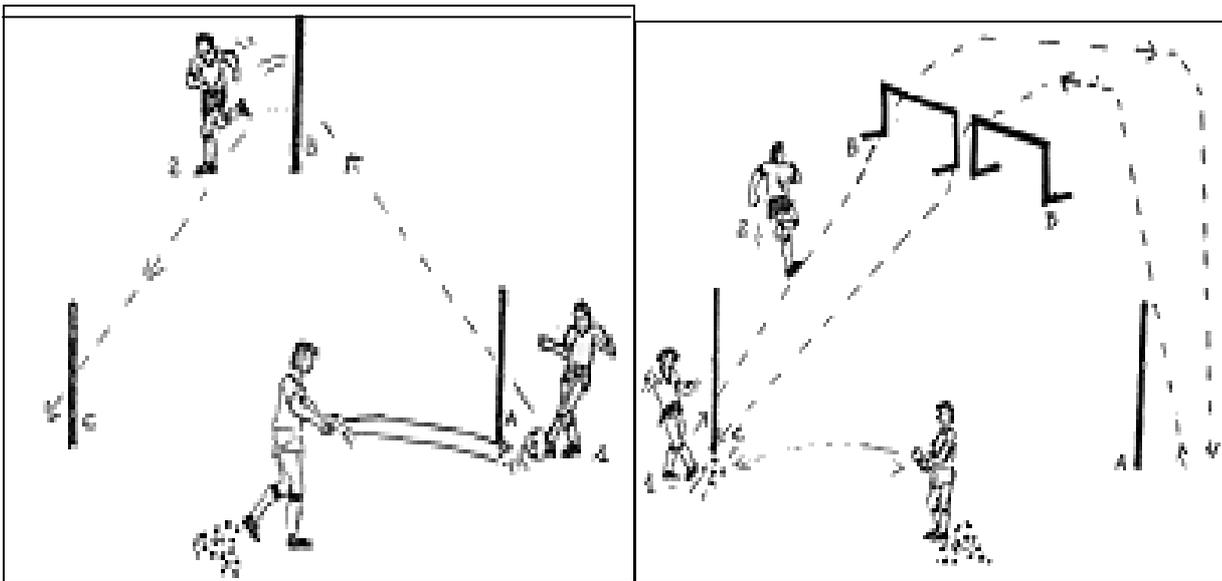
**Resistenza alla velocità:**

*Continuare con 4-5 serie, 3-5 ripetizioni x 40, 50, 60 mt; con recupero tra le serie 4' e 5' e recupero tra le ripetizioni 1'-1'e 30".* Nel secondo periodo (dal 180°giorno postoperatorio in poi) verranno mantenute, anche se in percentuale minore sul volume totale del lavoro, le esercitazioni in palestra (forza massima - dinamica - esplosiva - eccentrica, ecc.) sull' arto operato con l'inserimento del 1/4 e 1/2 Squat Jump. Si intensificherà la difficoltà degli esercizi di propriocettività, soprattutto in forma dinamica, creando piccoli percorsi con tavolette di Freeman e piani inclinati. Verranno conservati gli esercizi di stretching e i circuiti di potenziamento del tronco. Alla fine del 1° Periodo e prima dell'inizio del 2° si effettuerà la batteria di test di controllo.

In questa seconda fase, essendo più vicino il rientro in campo, verranno inserite esercitazioni capaci di stimolare il meccanismo lattacido, estremamente importante durante le fasi di gioco di una partita. Pur permanendo, limitatamente (30% in meno circa), le

esercitazioni del primo periodo per l'incremento della capacità e della potenza aerobica, saranno inseriti:

- **Capacità lattacida:** 6x150-200 mt a velocità submassimale, con recupero di 1'-1'30"
- **Potenza lattacida:** 4x300 mt a velocità sub-massimale con recupero di 5'-6'.



**Fig. 5-2** Possibili posizioni di allenamento in campo

In questo periodo verrà anche inserito un esercizio aerobico "speciale", ovvero circuiti effettuati sul campo di calcio, comprendenti alcune esercitazioni tecniche da ripetere per circa 8'-10' a buon ritmo. Verranno notevolmente incrementate le esercitazioni sulla capacità di sprint: sprint sui 10-20-30 fino a 50 mt (anche in salita); sprint 40 mt a navetta; prove di accelerazione( 60-80 mt) ed allunghi progressivi (100-120 mt).

## Esercitazioni di forza speciale da campo:

A quelle del 1° periodo, che potranno essere intensificate, si aggiungeranno:

*Balzi successivi (dx - dx - dx- sn - sn o sn); sprint con traino.* - Esercizio - Balzi successivi (sullo stesso arto), da eseguire in serie di 5/10/15 balzi anche con cinture zavorrate. Il piede è poggiato a terra piatto

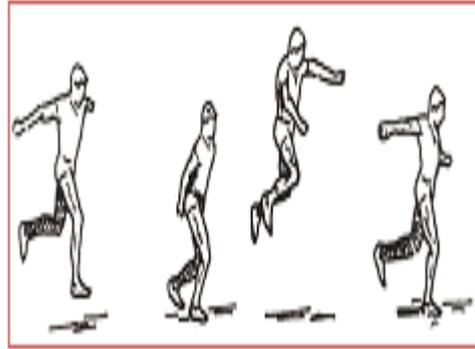
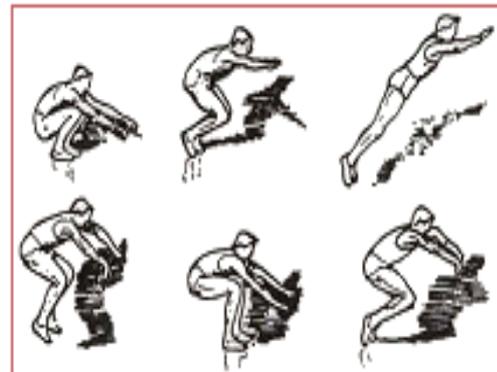


Fig. 5-3

*Balzi simultanei a piè pari tra gli ostacoli (50 - 60 cm);* -Esercizio - Balzi simultanei (detti anche di rana). Non si eseguono più di 10 balzi in una serie. Si effettuano 3/4/5 serie, anche con cinture zavorrate



Fig, 5-4

*Balzi alternati (dx - sn - dx - sn o dx - sn);* Esercizio - Rimbalzi a piedi uniti fra ostacoli.

Utilizzando 6/8/10 ostacoli di altezza 50/76 cm, si eseguono rimbalzi rapidi e potenti in 5/6/8/10 serie.

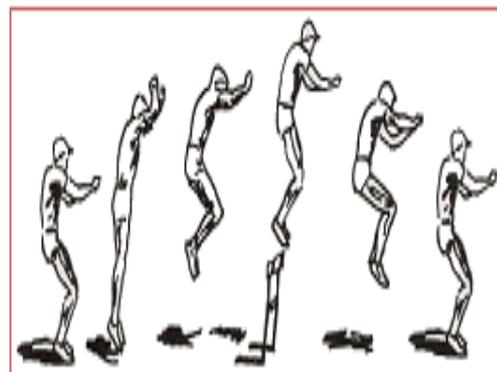


Fig. 5-5

**5.2 Protocollo di rieducazione motoria, neuro - muscolare dell'arto inferiore in seguito ad intervento chirurgico di protesi su un'atleta professionista di pallavolo (Età 22 anni)**



Le tappe principali del programma motorio sono state sempre programmate in funzione delle risposte ottenute dalle visite specialistiche, eseguite dal medico personale, alle quali l'atleta si è sottoposta nel periodo considerato.

**Tab. 13 Obiettivi principali del programma di attività motoria**

1)	Ristabilire tonicità e <i>forza</i> della muscolatura dell'arto operato riducendo l'ipotrofia muscolare causata dalla lunga immobilità;
2)	Rafforzare i sistemi <i>propriocettivi</i> per il controllo della stabilità statica e dinamica.

*Durata del programma:*-13 settimane

*Situazione iniziale:* Il programma ha avuto inizio 4 settimane dopo l'intervento; dopo un ciclo (9 sedute) di attività motoria; l'atleta appoggiava e caricava totalmente l'arto in deambulazione, evidenziando ancora una marcata zoppia.

*Test iniziali :* Prima di iniziare attività motoria, sono state valutate le capacità preesistenti dell'arto e le potenzialità massimali dell'arto sano al fine di stabilire l'eventuale traguardo rieducativo-motorio. La flessione - estensione della gamba sulla coscia era limitata dai 15 gradi in estensione ai 115 gradi in flessione.

*La tipologia del lavoro programmato:*

●	<i>isometrico</i> - lavoro durante il quale il carico è appoggiato sull'arto protesizzato e che deve produrre una forza contrapposta per non modificare l'angolo del ginocchio, impostato inizialmente.
●	<i>concentrico</i> - lavoro di spinta, svolto a bassa velocità e con un carico inferiore a quello massimale, dove la fase di ritorno può essere aiutata dall'arto sano.
●	<i>eccentrico</i> - lavoro svolto con un carico superiore a quello massimale (120 - 130%), durante il quale la fase di spinta è effettuata da ambedue gli arti, mentre la fase di ritorno, è svolta soltanto dall'arto protesizzato che deve frenare il carico fino a riportarlo nella posizione di partenza.
●	<i>eccentrico/concentrico</i> (dinamico o con rimbalzo) - lavoro dinamico (svolto alla pressa) durante il quale la velocità della spinta è tale da poter produrre il distacco dei piedi dalla pedana d'appoggio, con una conseguente "fase di volo".

**Tab. 14 Esercizi utile al ripristino del recupero funzionale dell'arto protesizzato**

Tale dinamicità deve essere mantenuta per tutte le spinte programmate, determinando un andamento a rimbalzo.

### *La ciclicità del carico*

Ogni periodo di attività motoria è stato programmato in modo che il carico di lavoro non restasse mai costante, ma variasse seduta dopo seduta. Ciò con l'intento d'accrescere di volta in volta la capacità di ri-adattamento dell'arto protesizzato fino a raggiungere le potenzialità dell'arto sano, considerato come il traguardo motorio ottimale. Con gli stessi criteri, anche l'arto sano è stato sottoposto ad un potenziamento muscolare particolarmente intenso. L'impacco con il ghiaccio dopo la seduta d'allenamento è stato sempre sconsigliato; l'eventuale gonfiore persistente, non assorbito nel recupero in tempi fisiologici, avrebbe indicato che il lavoro effettuato (esercizio e/o carico) non era stato tollerato e/o assorbito dall'articolazione. Il gonfiore è da considerarsi sempre come un campanello d'allarme molto importante nel processo motorio - rieducativo, mascherarlo può causare spiacevoli, a volte gravi, conseguenze sul proseguimento delle attività motorie finalizzate.

### *Primo periodo (1 settimana)*

Il programma è stato strutturato in tre sedute, svolte a giorni alterni, per controllare se il lavoro proposto avesse determinato gonfiore, indolenzimento o altro. Il riscaldamento è stato impostato alla cyclette per poi passare al lavoro specifico di potenziamento muscolare alle macchine. Il programma di attività motoria è stato così impostato:

Cyclette (Lifecycle horizontal)	50W per 10'
Lavoro con sovraccarico	Pressa – eccentrico; Pressa; concentrico; Leg extension - isometrico
Carico sull'arto protesizzato [kg]	Da 1.539 a 1.8675
Carico di compensazione arto sano [kg]	2.790
Angoli di lavoro	Pressa: da 20° a 100° Leg extension: 30°

**Tab. 15 :Primo periodo di allenamento**

Gli esercizi di propriocettività: sono stati impostati in maniera statica: l'atleta doveva mantenere una precisa posizione sull'attrezzo specifico per un tempo determinato.



***Fig. 5-6 Tavola propriocettiva di rieducazione neuro-senso-muscolare.***

*Secondo periodo (2 settimane)*

Non essendoci state conseguenze negative nella prima settimana, nel secondo periodo, è stato svolto un programma che rispecchiava il precedente auspicando a progressivi miglioramenti. Il programma di attività motoria è stato così impostato:

Cyclette (Lifecycle horizontal)	50W per 10'; 75W per 10'
Lavoro con sovraccarico	Pressa – eccentrico; Pressa – concentrico; Leg extension – isometrico; Leg extension - concentrico
Carico sull'arto protesizzato [kg]....(da valutare in sede)	Da 1.915 a 3.014
Carico di compensazione arto sano [kg]	Da 3.410 a 4.130
Angoli di lavoro	Pressa: da 10° a 110°; Leg extension: 30° in isometria 20° - 90° concentrico

**Tab. 16 Programmazione attività**

Gli esercizi di propriocettività: sono stati inseriti esercizi con la palla (palleggio e lancio). In questo periodo l'allenamento è stato svolto a giorni alterni, e non si è mai verificato alcun effetto d'intolleranza da parte dell'atleta esaminata.

### *Il recupero della mobilità articolare*

Per recuperare l'escursione articolare, in questi due periodi, sono stati effettuati degli esercizi d'allungamento muscolare (stretching preceduto da contrazione isometrica), che momentaneamente avevano l'effetto di aumentare il grado di libertà articolare. Dopo il riposo, però, l'estensibilità raggiunta, regrediva totalmente. Questo fenomeno è stato imputato al più elevato *tono muscolare* riflesso posseduto dall'arto leso, che tendeva a salvaguardare l'articolazione limitandone l'escursione; dopo la contrazione isometrica, quindi, il tono veniva limitato permettendo così una maggiore articolabilità, che regrediva totalmente una volta che il riposo rigenerava integralmente tutti i sistemi energetici muscolari. Si è deciso allora di abbandonare tale forma di lavoro, aspettando che l'effetto

dell'allenamento generale normalizzasse il tono muscolare e di conseguenza il controllo neuro-muscolare sull'articolazione.

*Terzo periodo (2 settimane)*

Il programma di attività motoria è stato così ripartito:

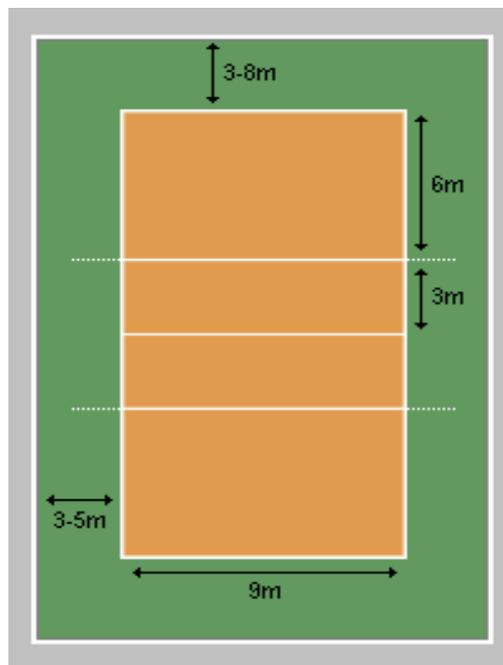
Cyclette (Lifecycle horizontal)	50W per 5' ; 75W per 10' ; 100W per 3'
Lavoro con sovraccarico	Pressa – eccentrico ; Pressa – concentrico; Leg extension – isometrico ; Leg extension – concentrico
Carico sull'arto protesizzato	Da 4155 a 5064
Carico di compensazione arto sano	Da 4360 a 5640
Angoli di lavoro	Pressa: da 0° a 110° ;Leg extension: 30° in isometria ; 10° - 90° concentrico

**Tab. 17 Programma di attività motoria**

A conclusione di questa fase di lavoro è stato programmato un periodo di riposo alla fine del quale l'atleta è stata sottoposta al primo controllo medico del proprio chirurgo, il quale ha evidenziato un buon recupero del trofismo muscolare e della mobilità (quest'ultima compresa tra i 5 gradi d'estensione e i 140-145 gradi di flessione). Gli esercizi di **proprioceattività**: statici su tavoletta, con palleggio e lancio, deambulazione tra tavolette, senza e con palleggio.



*Fig. 5-7 Esercizi propriocettivi con diversi attrezzi*



*Fig. 5-8 : Rappresentazione schematica del campo di gioco*

#### *Quarto periodo (2 settimane)*

Caratterizzato dalla ripresa della corsa. Dal risultato del test di Cooper, svolto in forma ridotta sui 6 minuti, metri 860, è stato impostato il programma di ripresa della corsa in forma intervallata. In tale periodo il lavoro è stato programmato in modo da incrementare la distanza da percorrere dai 1100 a 1300 metri, con velocità comprese dai 9.5 - 11 km/h.

Il programma di attività motoria che rientra nel quarto periodo è stato così impostato :

Cyclette (Lifecycle horizontal)	50W per 5'; 75W; per 5'; 100W per 5'; 125W per 5'
Lavoro con sovraccarico	Pressa – eccentrico; Pressa - concentrico Leg extension - concentrico
Carico sull'arto protesizzato [kg]	Da 4.950 a 7.487
Carico di compensazione arto sano [kg]	Da 7.942 a 9.307
Angoli di lavoro	Pressa: da 0 a 110; Leg extension: 0° - 110°
Corsa	Da 1000 m. a 1300 m. a 9,5 - 11 km/h

**Tab. 18 Programma di attività motoria del quarto periodo**

Gli esercizi di propriocettività: sono stati intensificati inserendo esercitazioni dinamiche e di deambulazione tra le tavolette, salti su tavoletta con doppio e singolo appoggio.

*Quinto periodo (2 settimane)*

Caratterizzato dalla ripresa del lavoro dinamico con rimbalzo computerizzato.

*Il lavoro computerizzato:* L'atleta deve eseguire il lavoro dinamico con rimbalzo (pliomètria) programmato alla macchina pesi collegata ad un computer che permette di visionare sul monitor la forza espressa ad ogni sollevamento. In questo modo l'atleta conosce l'entità della prestazione (spinta) appena effettuata e deve superarla con la spinta successiva. Il lavoro computerizzato è basato sull'esaltazione della motivazione che porta l'atleta ad esaurire sempre e completamente tutte le sue riserve energetiche favorendo così un più alto livello di supercompensazione. Questo si traduce in un maggior impegno che crea una più elevata capacità d'adattamento, che determina un più consistente livello di

partenza per la seduta successiva. Allo stesso tempo il lavoro computerizzato permette di controllare quando la prestazione decade in maniera consistente.



**Fig. 5-9 Attività motoria monitorizzata da controllo computerizzato**

Tale controllo potrebbe essere considerato come indice di raggiunto affaticamento. Con suddetta metodica la quantità di carico di lavoro della seduta è stato aumentato notevolmente poiché come riferimento è stata presa in considerazione la *forza realmente sviluppata* e non il *carico totale* programmato. Il *carico totale* programmato è calcolato come il prodotto tra il carico di lavoro, le ripetizioni e le serie programmate. La *forza realmente sviluppata* è la somma d'ogni singola forza di spinta espressa in ogni ripetizione effettuata. In genere la forza di spinta è maggiore del 35-40% del carico programmato. Alla fine del lavoro computerizzato il tendine rotuleo evidenziava un lieve gonfiore, indolenzimento ed insofferenza al tatto, ma tali fenomeni regredivano dopo alcune ore di riposo. Sono comunque, sconsigliati gli impacchi di ghiaccio dopo allenamento affinché i fenomeni di gonfiore potessero evidenziare i tempi d'assorbimento del lavoro svolto ed eventuali errori sul carico proposto. Durante tale periodo è stato intensificato anche il programma di corsa, visti i risultati raggiunti nel test di Cooper 1996 metri, svolto in forma completa sui 12 minuti. Il programma di attività motoria è stato così dipartito:

Corsa	Da 2700 m. a 3200 m. a 11 - 13.5 km/h
Cyclette (Lifecycle horizontal)	75W per 5'; 100W per 3' 125W per 3'; 150W per 3' 175W per 3';
Lavoro con sovraccarico	Pressa - eccentrico Pressa - concentrico Pressa - dinamico con rimbalzo computerizzato
Carico sull'arto protesizzato [kg]	Da 11880 a 16099.5
Carico di compensazione arto sano [kg]	Da 11007.2 a 18588.5
Angoli di lavoro	Pressa: da 0° a 110°

**Tab. 19 Scheda di allenamento**

Gli esercizi di **proprioceattività**: sono stati introdotti esercitazioni di salto controllato tra gli attrezzi senza e con palleggio. Alla fine l'atleta è stata sottoposta a visita di controllo ortopedico.

*Sesto periodo (2 settimane)*

Dalle indicazioni ricevute dall'ortopedico, il programma di attività motoria è stato indirizzato principalmente a ristabilire la simmetria della trofia muscolare.

Dalla valutazione antropometrica, infatti, risultava che le differenze tra le circonferenze, [  $\Delta C$  (cm) ] alle varie altezze della coscia, esistente tra l'arto sano e quello leso, erano:

cm dal bordo superiore della patella	$\Delta C$ [cm]
10	2.5
20	4.5
28	1.5

**Tab. 20 Differenze tra le circonferenze**

Il programma, quindi, è stato modificato sostituendo il lavoro di corsa con un lavoro alla cyclette orizzontale durante il quale l'atleta era invitata a spingere prevalentemente con l'arto destro. E' stato anche modificato il lavoro con il sovraccarico: è stato proposto un sistema di distribuzione del carico in forma variabile (piramidale).

Il programma è così impostato:

Cyclette (Lifecycle horizontal)	75W per 10' ;100Wx3' 125W per 3' ;150Wx 3' 175W per 3'; 200Wx3'
Lavoro con sovraccarico	Pressa - eccentrico Pressa - concentrico Pressa - dinamico con rimbalzo
Carico sull'arto protesizzato	Da 15067.5 a 21080
Carico compensazione arto sano	Da 14892 a 20777.2
Angoli di lavoro	Pressa: da 0° a 110°

**Tab. 21 Impostazione del programma di allenamento**

Dopo tale fase di lavoro la differenza tra le circonferenze della coscia si era ridotta a:

cm dal bordo superiore della patella	$\Delta C$ [cm]
10	0.5
20	1.5
28	0

**Tab. 22 Riduzione delle misura della circonferenza**

Gli esercizi di propriocettività: salti su tavoletta con doppio e singolo appoggio, salti tra tavolette con doppio e singolo appoggio, salti tra tavolette con ostacolo (plinto 30, 40, 50, 60 cm) con doppio e singolo appoggio.



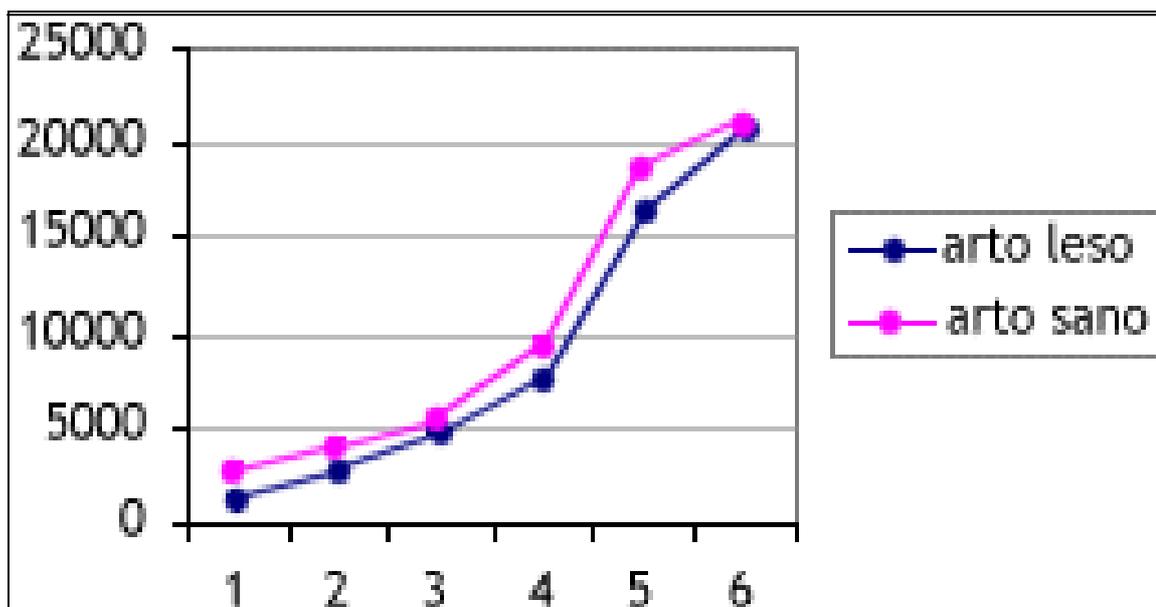
***Fig. 5-10 Esercizio propriocettivo***

### *Ripresa del lavoro tecnico*

Nel piano di lavoro generale sono state anche inserite esercitazioni di palleggio con spostamento avanti, indietro e laterale, cercando di riprodurre tipiche escursioni articolari, nonché atteggiamenti che si vengono a creare durante le fasi concrete di gioco. Queste esercitazioni venivano svolte salvaguardando il ginocchio con un tutore.

### *L'incremento del carico proposto*

Il grafico evidenzia l'andamento dell'incremento del carico programmato durante tutto il periodo di attività motoria sia per l'arto da rieducare (Carico sull'arto protesizzato [kg]) sia per quello sano (Carico di compensazione arto sano [kg]).



**Fig. 5-11** *Incremento del carico di lavoro durante l'intero arco di attività proposta, sull'asse delle ascisse sono riportati i periodi di attività di lavoro, sulle ordinate il carico di lavoro imposto con incrementi del carico pari a 5 kg.*

Il lavoro di compensazione svolto sull'arto sano aveva lo scopo di stabilire il traguardo rieducativo - funzionale in condizione d'allenamento e quindi più prossimo all'impegno agonistico. Nella situazione finale persiste un leggera ipotrofia del muscolo quadricipite destro quantificabile in una riduzione di 1.5 cm della circonferenza, rispetto l'arto sano, misurata a 10 cm dal margine superiore della patella. La forza: per quanto riguarda la potenzialità espressa alla pressa (pressa da seduti - Life Fitness) con un'escursione di 42 cm, i valori riscontrati sono stati di:

- Arto sinistro: 97.9609
- Arto destro: 94.4498
- Deficit %: 3.58

Essendo l'arto destro l'arto di spinta dell'atleta, si può indicare che il deficit % teorico raggiunge circa il 13.58%.

Per quanto riguarda le potenzialità espresse alla leg extension (Life Fitness) con un'escursione pari a 85°, i valori riscontrati sono stati di:

- Arto sinistro: 67.0566
- Arto destro: 39.9044

- Deficit %: 40.49

Tale differenza può spiegarsi con l'intolleranza che l'atleta ha sempre manifestato in tale esercitazione dinamica; quando l'arto era sottoposto a tale lavoro, immediatamente si manifestavano dolore, ipersensibilità anche al tatto, leggero gonfiore del tendine rotuleo, ecc.. A livello preventivo, dunque, tale esercitazione è stata evitata per quasi tutto il programma di attività motoria, meno che nel periodo finale durante il quale l'atleta accettava l'esercitazione svolta, però, con carichi limitati. *La flessio-estensione* è stata recuperata quasi completamente. Seppur nell'estensione la gamba si estende perfettamente sulla coscia, ad un esame visivo di confronto tra gli arti si può notare che la gamba sana presenta una leggera iperestensione, determinata ovviamente da fattori genetici, che difficilmente potrà essere recuperata dall'arto protesizzato. *La flessione* è ancora ridotta d'alcuni gradi quantificabili in 5-7°.

### *Inconvenienti insorti*

Durante tutto il periodo considerato si sono verificati i seguenti inconvenienti:

A	Affaticamento della regione lombare della schiena determinato, presumibilmente, dalla posizione di compensazione durante il lavoro alla pressa con l'arto sano. E' stato risolto con una modifica del programma di lavoro e sfruttando il riposo del week-end;
B	Contrattura all'adduttore destro, presumibilmente determinato, anche, dalle condizioni climatiche della palestra;
C	Contusione al ginocchio destro nella zona sottorotulea mediale, determinata da una caduta in fase di recupero di un pallone, durante un'esercitazione di spostamento laterale in palleggio.

***Tab. 23 Limiti e inconvenienti riscontrati durante il periodo di allenamento-prova***

Si evince quindi, uno schema del programma da svolgere presso la propria sede:

Corsa	Da 3300 m. a 4500 m. a 12.5 - 15.5 km/h
Lavoro con sovraccarico	Pressa - eccentrico Pressa - concentrico Pressa - dinamico con rimbalzo
Carico sull'arto protesizzato [kg]	Da 19890 a 25567.5
Angoli di lavoro	Pressa: da 0° a 110°
Cyclette (Lifecycle horizontal)	75W per 10'; 100W per 3' ; 125W per 3' 150W per 3'; 175W per 3' ; 200W per 3'
Esercizi di propriocettività	Salti su tavoletta con doppio e singolo appoggio ; Salti tra tavolette con doppio e singolo appoggio ; Salti tra tavolette con ostacolo (plinto 30, 40, 50, 60 cm) con doppio e singolo appoggio.

**Tab. 24 Esempio di programma da svolgere presso la propria sede**

*Avvertenze:*

A)	Continuare l'attività motoria cercando di rispecchiare le caratteristiche impostate precedentemente con esercitazioni alla pressa ed alla leg extension, con carichi poco elevati e a basse velocità;
B)	Continuare un massiccio lavoro propriocettivo cercando di riproporre gli sbilanciamenti laterali tipici della ricaduta dopo palleggio a rete;
C)	Riprendere in modo graduale il lavoro tecnico evitando assolutamente di consigliare all'atleta di saltare. Tale azione motoria deve essere preventivamente autorizzata dal medico ortopedico;
D)	Evitare gli affondi e le massime accosciate.

**Tab. 25 Consigli per una pratica di allenamento efficace**

Tab Si ribadisce che il lavoro presentato è un protocollo per la rieducazione del ginocchio impostato per un'atleta particolare e, quindi, vuole essere solo una traccia delle attività motorie da svolgere per tale specifica problematica. E' consigliabile ovviamente adattare il programma di lavoro secondo le caratteristiche individuali dell'atleta protesizzato.



*Fig. 5-12 Esercizi di Propriocezione*

### **5.3 Contenuti terapeutici dell'idrocinesioterapia nel trattamento dei pazienti affetti da patologie degenerative artrosiche con ginocchio protesizzato**

L'utilizzazione di vasche a scopo terapeutico risale all'antichità ed ha accompagnato la storia dell'uomo fino ai nostri giorni, attraverso le più importanti civiltà, dalla Cina all'Egitto, dalla Grecia a tutto l'Impero romano. Negli ultimi trenta anni però questa branca della medicina riabilitativa ha assunto una sua precisa identità, è stata oggetto di studi scientifici e di valutazione critica al fine di definire precise indicazioni cliniche e protocolli da seguire nelle singole patologie.

Allo stato attuale si può affermare che la riabilitazione in acqua sia metodica indispensabile in qualsiasi istituto che voglia garantire un moderno e valido recupero funzionale sia in campo neurologico che ortopedico. Le malattie degenerative per la loro incidenza, per notevole diffusione, per costi diretti ed indiretti che comportano, costituiscono un rilevante problema medico-sociale. Attualmente, abbiamo visto, si contano 120 varietà di malattie reumatiche, alcune hanno andamento acuto talora con esito mortale, molte altre hanno un'evoluzione cronica a carattere infiammatorio degenerativo ma sono tutte invalidanti seppur in grado diverso. Numerose di queste malattie reumatiche oggi si possono curare con buoni

risultati così da arrestare o rallentare l'evoluzione, con evidenti ricadute positive sulla qualità della vita delle persone affette. L'attività in acqua, può entrare in maniera notevolmente efficace nei programmi di attività motoria per il recupero funzionale di tali patologie. Il lavoro fisico in condizioni di gravità ridotta, maggiore densità del mezzo e temperatura a 32° C, acquisisce particolari caratteristiche biomeccaniche, dimostratesi fondamentali in numerose patologie dell'apparato locomotore, sia nel versante osteo-articolare, che dal punto di vista neuro-motorio. Il trattamento in acqua dei disturbi artrosici e reumatici delle articolazioni portanti è da molto tempo discusso. Numerosi studi e trials clinici internazionali, hanno dimostrato l'efficacia di programmi di attività motoria continuativi, nei pazienti affetti da patologie reumo - artropatiche in fase di stato. Questa considerazione, va comunque analizzata alla luce di altre ricerche che affermano come i benefici di un training in acqua possa essere compatibile con un analogo programma di esercizi all'asciutto. Documentati sono i positivi effetti sull'incremento o mantenimento dell'escursione articolare, sul dolore e sulla forza muscolare che si traducono successivamente in un miglioramento funzionale.

Trattandosi di un programma di mantenimento che prevede cicli di sedute da ripetersi almeno annualmente e considerata l'elevata incidenza di queste patologie osteoarticolari, i costi sostenuti per la gestione di una piscina non favoriscono la diffusione della pratica idrochinesiterapica. Va sottolineato tuttavia che il tipo di approccio solitamente utilizzato prevede sedute di gruppo e ciò consente di contenere notevolmente i costi.

Gli obiettivi del un programma di attività motoria per pazienti che presentano un quadro artrosico reumatico in Idrochinesiterapia sono:

- Riduzione delle contratture e delle retrazioni muscolari;
- Incremento o mantenimento dell'escursione articolare;
- Rinforzo della muscolatura soggetta a ipovalidità conseguente al non uso;
- Correzione degli atteggiamenti antalgici e delle posture scorrette;
- Correzione del pattern deambulatorio;
- Ricondizionamento allo sforzo.

La riduzione del carico ponderale contribuisce, insieme all'effetto miorelassante antalgico dell'acqua, a ridurre il dolore articolare, a favorire la mobilizzazione attiva e a consentire al

paziente di assumere una postura e degli schemi di movimento più corretti. La mobilizzazione passiva e attiva - assistita dall'istruttore, deve essere cauta e graduale e deve sempre mantenersi al disotto della soglia del dolore. Gli stiramenti favoriscono l'allungamento di quei gruppi muscolari che, in queste patologie, più di frequente vanno incontro a retrazione: trapezi, adduttori, quadrato dei lombi, ileopsoas, ischiocrurali e tricipite surale. Nelle forme reumatiche, il trattamento idrochinesiterapico nella fase acuta è controindicato per la possibilità di aggravare la *flogosi*<sup>16</sup> articolare attraverso il movimento e l'azione termica dell'acqua. Nelle fasi sub-acute è importante prevenire qualsiasi sollecitazione articolare eccessiva che potrebbe riacutizzare il disturbo, si inizia con caute mobilizzazioni passive e attive assistite e con un programma di esercizi motori isometrici. Il rinforzo mediante contrazioni dinamiche con progressivo incremento della resistenza e l'allenamento cardiocircolatorio possono essere introdotti nella fase di quiescenza. Gli esercizi proposti sono solitamente esercizi a corpo libero in posizione eretta o in galleggiamento vincolato alla barra perimetrale.

La rieducazione posturale e della deambulazione svolge un importante ruolo nelle patologie artrosiche in cui i vizi articolari, il dolore e le retrazioni muscolari compromettono la normale statica e dinamica del paziente e dove invece si necessita di un blando ma mirato recupero funzionale inseguito ad intervento di protesi del ginocchio. In ambiente acquatico, nel quale il paziente trova sollievo e avverte maggiore libertà nei movimenti, anche l'assetto posturale e il pattern deambulatorio trarranno beneficio con una riduzione dei compensi e delle asimmetrie posturali. *Può essere proposto un programma di attività motoria in acqua nell'ordine della disciplina dell' AcquaGym<sup>17</sup> ove può portare beneficio soprattutto ai pazienti sottoposti ad intervento protesico di anca o ginocchio.*



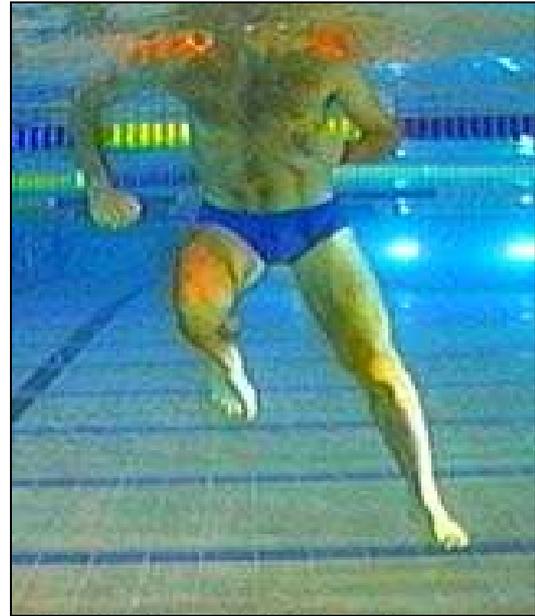
**Fig. 5-13 Lezione di AcquaGym**

<sup>16</sup> **Flogosi**: dal termine “phlògosis”, infiammazione

<sup>17</sup> **AcquaGym**: disciplina sportiva che prevede l'esecuzione e lo svolgimento di attività motoria in acqua.

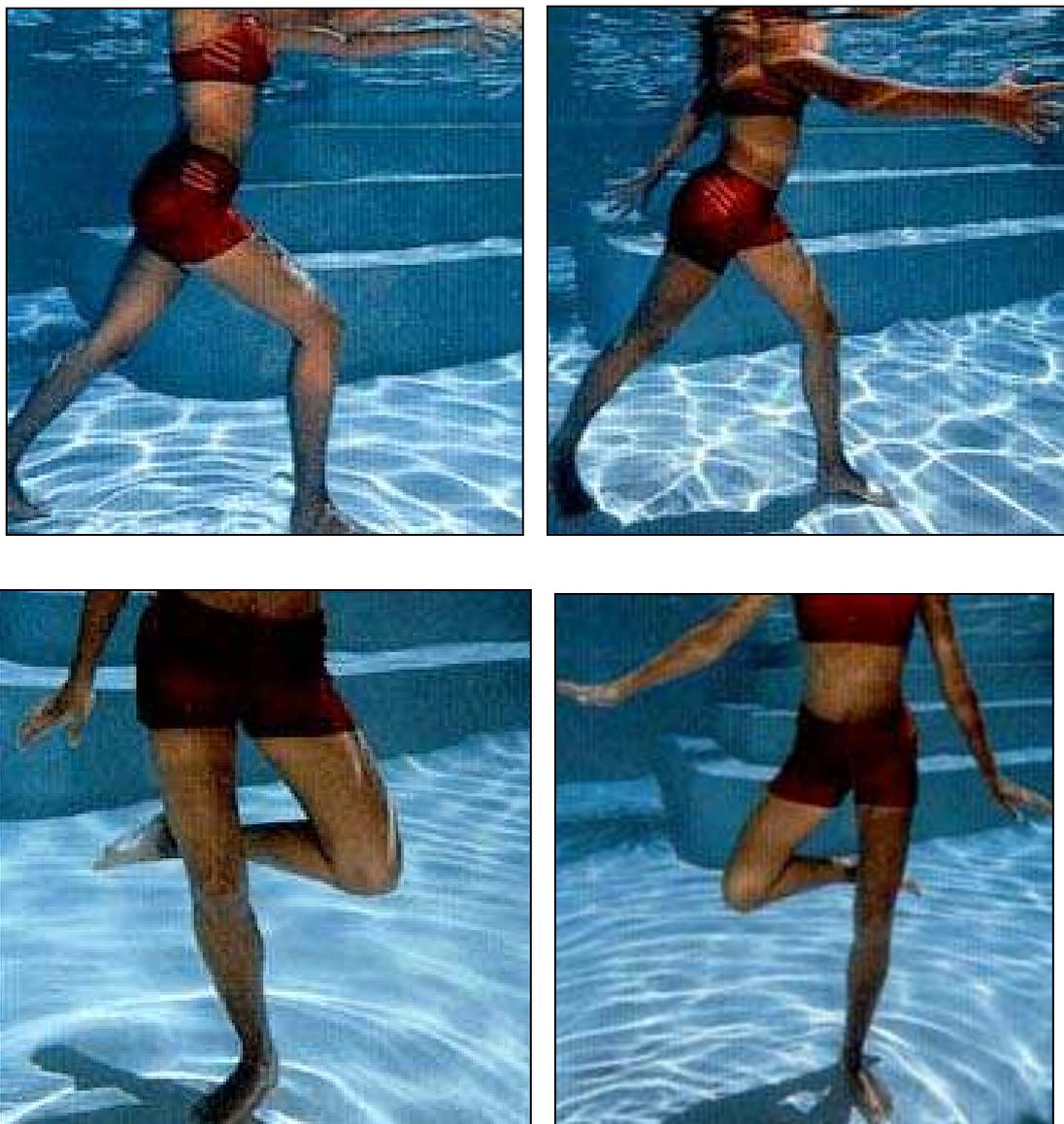
Il recupero articolare è favorito dalla riduzione del versamento articolare e dell'edema periarticolare e dall'effetto antalgico indotto dall'acqua. L'ambiente acquatico è un contesto sicuro in cui introdurre i primi esercizi di rinforzo della muscolatura e la rieducazione progressiva al carico. La riduzione virtuale della gravità riduce al minimo le sollecitazioni e i movimenti pericolosi minimizzando i rischi di lesione dei tessuti molli periarticolari e della *protesi*. L'elemento di maggiore rilievo, nella patologie in questione, è quindi rappresentato dal basso impatto sull'articolazione e sugli effettori muscolari, tendenzialmente resi meno validi dalla patologia o da un intervento di protesizzazione dell'arto artrosico. Gli esercizi di allungamento muscolare, di automobilizzazione e di controllo della postura, eventualmente proposti anche con l'ausilio di mezzi di galleggiamento propedeutici (Fig. 5-14 ), vengono svolti nel rispetto del sintomo dolore, garantendo un'efficiente nutrizione delle superfici articolari e permettendo un ripristino delle azioni muscolari non corrette. Si stimola, in definitiva, il ripristino di una fisiologia articolare critica. La notevole efficacia del ciclo di attività svolte all'interno dei programmi di AcquaGym è costituita dalla sua *continuità*, permettendo così al paziente ammalato di mantenere capacità motorie ridotte nel tempo dalla patologia degenerativa. Il concetto di *prevenzione*, fondamentale in queste patologie, si affianca prepotentemente al concetto di *cura*, permettendo di risolvere in via estemporanea situazioni come, irrigidimenti o contratture muscolari ed edemi articolari, grazie alla blanda azione compressiva esercitata dalla pressione idrostatica, all'effetto miorelassante - vascolarizzante, determinato dalla temperatura e dalla variazione dei parametri biomeccanici della contrazione muscolare in ambiente a bassa gravità . La ricaduta sociale di tutto ciò è fin troppo evidente, riuscendo ad incidere notevolmente sul mantenimento dell'autosufficienza e del benessere, in maniera tanto maggiore, quanto più precocemente e, continuativamente, si riesce a seguire l'attività in acqua.



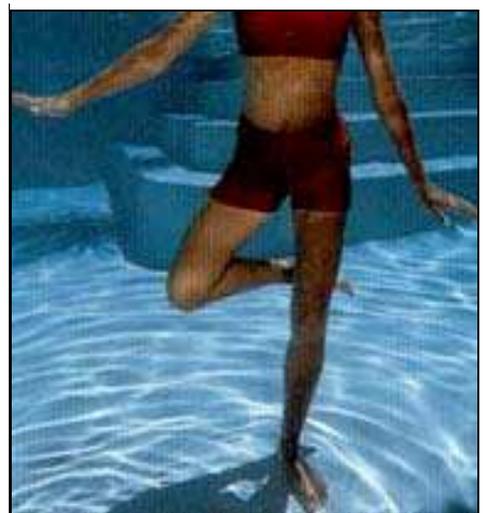
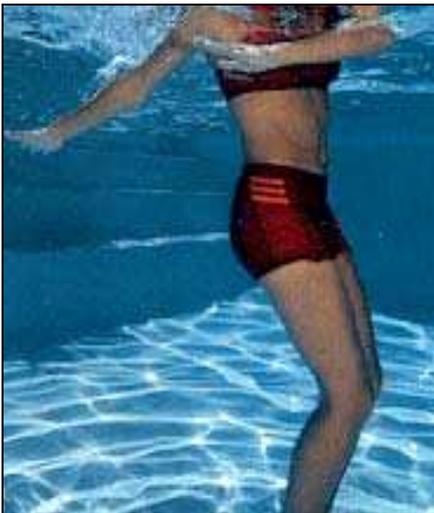
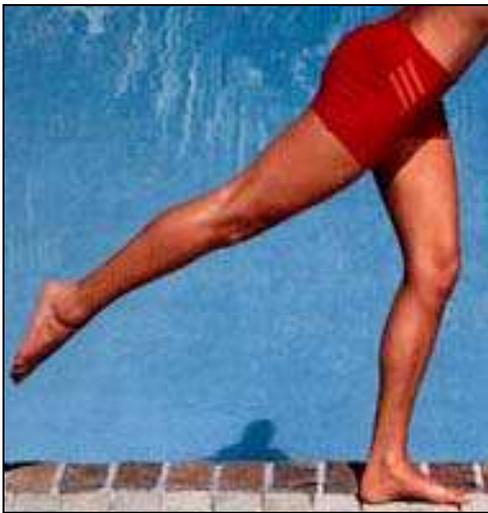


*Fig. 5-14 Proposte di esercizi con supporto di ausili per il galleggiamento*





*Fig. 5-15a: Esercizi proposti in acqua - Basic-Step di "AcquaGym"*



*Fig. 5-15b: Esercizi proposti in acqua: Basic - Step di "AcquaGym"*

### 5.3.1 *AcquaGym: proposte di esercizio fisico in acqua*

L'esercizio in acqua, a causa delle sue caratteristiche intrinseche di lavoro in scarico (*principio di Archimede*<sup>18</sup>), risponde alle caratteristiche necessarie nella prevenzione dell'artrosi. I benefici dell'AcquaGym intesa come acquaterapia sono psicologici oltre che fisici. L'esercizio in acqua si è dimostrato valido come l'esercizio a "terra", inoltre è bene accetto al paziente, qualora anche accompagnato da sottofondo musicale.

I pregi sono proprio dovuti all'effetto assenza di gravità, inoltre il lavoro diventa un esercizio attivo contrastato; si verifica successivamente una attivazione generale, un considerevole dispendio calorico, dipendente dalla temperatura dell'acqua. C'è un aspetto ludico che comunque dipende dal soggetto. L'esercizio in acqua può avvenire in piscina o in acqua termale. Una lezione di AcquaGym prevede che la persona sia immersa in un bacino d'acqua (affiancata dal tecnico che la sostiene accompagnando il suo corpo in leggere fluttuazioni e movimenti blandi e attivatori) o che esegua dal bordo piscina i movimenti specifici da effettuare in acqua, magari a ritmo musicale per rendere la lezione più interessante. Nell'ultima fase il corpo viene integralmente immerso (testa compresa) e accompagnato in una respirazione ritmica. I benefici di questa forma di "terapia" possono condurre a una maggior accettazione della intimità fisica e psichica, a un aumento della fiducia in se stessi e negli altri, alla diminuzione di paure, piccole fobie o ansie, alla riduzione di tensioni muscolari di origine psicosomatica, nonché all'appagamento di bisogni primari quali l'accoglienza, l'accettazione e la possibilità di sperimentare nella sicurezza il sostegno incondizionato che si manifesta con l'operatore. La sua applicazione è semplicissima, senza alcuna controindicazione, pertanto adatta a tutti. Grazie all'assenza (parziale o totale) di gravità è possibile sostenere l'attività cardio-vascolare senza rischio di incorrere in traumi a carico delle articolazioni o peggioramenti della patologia contratta. Inoltre la pressione esercitata dall'acqua e i vortici creati dal movimento stesso, producono un effetto benefico sul drenaggio dei liquidi, sulla microcircolazione e sul sistema linfatico. L'AcquaGym migliora la mobilità e aumenta la potenza muscolare dei malati di osteoartrite. A sostenerlo i ricercatori della Flinders University di Adelaide, in Australia, che hanno pubblicato uno studio sugli 'Annals of the Rheumatic Diseases'. Essi asseriscono che AcquaGym, come effetto terapeutico non solo potenzia la forza muscolare - spiegano -

---

<sup>18</sup> **Principio di Archimede** : un corpo immerso in un fluido in equilibrio subisce una spinta diretta dal basso verso l'alto di intensità pari al peso del volume del fluido spostato.

ma diminuisce sensibilmente anche il dolore che spesso accompagna i malati affetti da patologie cronico - degenerative a carico delle articolazioni.

Per verificare gli effetti dell'esercizio fisico i ricercatori hanno suddiviso un campione di 100 pazienti over 50 in tre sottogruppi. Il primo fatto esercitare in piscina tre volte a settimana con AcquaGym, il secondo in palestra e il terzo lasciato senza attività fisica ma tenuto costantemente sotto controllo con interviste telefoniche. Nonostante i malati che si esercitavano in piscina fossero i più gravi, i loro miglioramenti sono stati i più sensibili. L'AcquaGym, proposta come acquaterapia, infatti oltre a migliorare la potenza muscolare aumenta le capacità delle articolazioni anche protesizzate di assorbire eventuali movimenti sbagliati. E potenziando il lavoro cardiovascolare dell'organismo, aiuta i malati a compiere gli esercizi sempre con maggiore intensità. Lo studio ha rivelato che anche la semplice ginnastica in palestra ha effetti positivi, specie sulla potenza muscolare, anche se non della stessa intensità dell'AcquaGym.

## CONCLUSIONI

L'esperienza di questa tesi ci ha mostrato che una ripresa anche ottima dell'articolari  non sorretta da un adeguato tono-trofismo muscolare e dalla percezione propriocettica di stabilit  articolare, oltre a costituire un fattore di rischio per un eventuale lesione ulteriore, non   sufficiente da sola a riportare l'atleta sui campi di gara.

Per tale motivo   opportuno che a prescindere dalle tecniche terapeutiche che possono essere pi  o meno valide a seconda delle preferenze individuali, il medico terapista o preparatore sportivo abbia sempre ben chiaro il principio fondamentale della "rieducazione globale", l'unica che, a mio avviso, pu  riportare l'atleta con piena soddisfazione alla propria attivit  sportiva. Considerando, inoltre che l'esperienza in ambito rieducativo/motorio gi  maturata nei protocolli di intervento proposti in letteratura   altres  garante di un'efficace sistema di orientamento per la realizzazione ex-novo di un protocollo di attivit  motorie fondate imprescindibilmente sulla base di un'attenta valutazione delle prestazioni nonch  predisposizioni individuali.

## BIBLIOGRAFIA

Afriat J. *Sistema di navigazione Praxim per protesi di ginocchio* Genius tri ccc Dediene Sante Sme (F) Astromedical Edizioni – Vimercate (MI) 2002.

A.Faraz, S.Pyandeh. “ *A Robotioc Case Study : Optimal Desing for Laparoscopic Positioning Stands*” Proc. 1997, IEEE International Conference one Robotics & Automation, pp 1502-1508.

Bargren JH, Blaha JD, Freeman MAR. *Alignment in total knee arthroplasty : correlated biochemical and clinical observations*. Clin Orthop 1983;173:178-183.

B. Cadière et al “*Feasability of robotic laparoscopic surgery: 146 Cases*” 2001 Word *Jounal of Surgery*, Vol 25, pp 1467-1477.

B. Carlise, ” *Robot Mechanisms* “ ,Proc. 2000, IEEE International Conferenceone Robotics & Automation, pp 701-708.

Confalonieri N., Saragaglia D., Picard F., Cerea P., Motavalli K. *Computerised OrthoPilot system in arthroprosthesis surgery of the knee*. J Orthopaed Traumatol 2000;2:91-98.

Confalonieri N.,Saragaglia D.,Picard F., Chaussard C., Montarbon E., Leitner F., Cinquin P.,Cerea P. *Il sistema computerizzato Orthopilot negli interventi di artroprotesi di ginocchio*. G.I.O.T. 2000;26(suppl.1):5415-5424

Ecker MI, Lotke PA, Windor RE, Cello JP. *Long term results after total condylar knee arthroplasty*. Clin Orthop 1987;216:151-158.

F, Picard F, Minfelde R, Schultz HJ, Cinquin P. Saragaglia D. *Computer-assisted knee surgical total replacement*. In: Lecture note in computer science. CURMed-MRCAS’ 97. Leitner Berlin-Heidelberg: Springer Verlag edit 1997:629-638.

G.Duchem, E.Dombre, F.Pierrot, and P. Poignet, " **Skin Harvesting Robotization with Force Control** ", Proc. 10<sup>th</sup> International Conference on Advanced Robotics, Hungary August 2001.

G. Guthart, K Salisbury. " *The Intuitive™ telesurgery system: Overview and Application* ", Proc. 2000, IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp 618-621.

Hsu H, Garg A, Walker PS, Spector M. Ewald FC. *Effect of knee component alignment on tibial load distribution with clinical correlation.*

Hood RW, Vanni M, Insall JN. *The correction of knee alignment in 225 consecutive total condylar knee replacements.* Clin Orthop 1981;160:94-105.

H. Kang, T. Wen " *EndoBot: a Robotic Assistant in Minimally Invasive Surgeries* ", Proc. 2001, IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp 2032-2037.

Insall JN, Scott W, Ranawat CS. *The total condylar knee prosthesis. A report of two hundred and twenty cases.* J Bone Joint Surg 1979;61A:173-180.

L. Adhami, E. Coste-Manière, " *Positioning Tele-Operated Surgical Robots for Collision-Free Optimal Operation* ", Proc 2002, IEEE International Conference on Robotics & Automation. pp 2962-2967.

Laskin RS. *Alignment in total knee replacement.* Orthopaedics 1984;7:62-72

Master *Family Medical Center* of Jacksonville FLORIDA –UNITED STATE OF AMERICA " *Rehabilitation and sports classes* " 16-17-18/ Agosto 2004

M. Mitsuishi, S Tomisaki, T. Yoshidome, H. Hashizume and K Fujiwara. " *Tele Micro Surgery System with Intelligent User Interface* " Proc. 2000, IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp 1607-1614.

- N. Confalonieri, Cesare Peccarisi “*Nuova tecnica di chirurgia protesica del ginocchio assistita dal computer*” Medico e Paziente anno 27° n.7 settembre 2002 (24-26).
- P.A. D’Amato, A. Scotto Di Luzio “*La Gonartrosi e la Traumatologia*” attività formativa residenziale ASL NA2 corso specialistico Teorico Pratico 17/18 Novembre 2005 Pozzuoli (NA).
- Peterson TC, Engh GA. *Radiographic assessment of knee alignment after total knee arthroplasty*. J. Arthroplasty 1988;67-72.
- Picard F, Leitner F, Saragaglia D, Cinquin P. *Mise en place d’une prothèse totale genoux assistée par ordinateur: A propos de 7 implications sur cadavre*. Rev Chir Orthop 1997 ;83 (suppl. II):31
- Ranawat CS, Boachie-Adjei O. *Survivorship analysis and results of total condylar knee arthroplasty*. Clin Orthop 1989;240:135-144.
- R H, Taylor et al. “*An Imaged-Directed Robotic System for Precise orthopaedic Surgery*” 1994, IEEE transactions on Robotics and Automation, Vol 10 pp 261-275.
- Tew M, Waugh W. *Tibial-femoral alignment and the results of knee replacement*. J Bone Joint Surg 1985;67B:551-556.
- T.J Gilhuly, S.E. Salcudean, K. Ashe, S. Lichtenstein “ *Stabilizer and Surgical Arm design for Cardiac Surgery*” Proc. 1998, IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp 699-704.
- T. Yoshikawa, “*Manipulability of Robotic Mechanisms*”, The international journal of robotics research, 1997. Vol 4, pp 3-9, MIT.
- V. Muzoz et al, “*A Medical Robotic Assistant For Minimally Invasive Surgery*”, Proc. 2000, IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 2901-2906.

Villani Ciro, Campi Andrea Congresso “Insuccessi *in riabilitazione: tra EBM e nuove proposte*” Roma 28 Ottobre 2005 Università di Roma “La Sapienza” Aula Clinica Ortopedica.

V. Candela “**La traumatologia del ginocchio nello sport**”- Incontri Angelini Angelini

## **SITOGRAFIA**

[www.assobiomedica.it](http://www.assobiomedica.it)

[www.orthopedie.com](http://www.orthopedie.com)

[www.protesimonocompartimentale.ginocchio.it](http://www.protesimonocompartimentale.ginocchio.it)

[www.pubmed.it](http://www.pubmed.it)

[www.dica33.it](http://www.dica33.it)

[www.web32.epnet.com](http://www.web32.epnet.com)

[www.statisticalanalysis.com](http://www.statisticalanalysis.com)