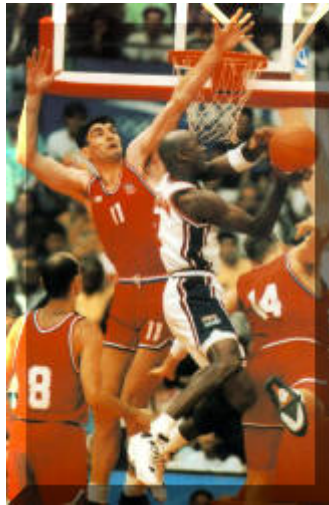


# LA TECNICA WAT JOB

Piero Faccini, Sabrina Zanolli, Dario Dalla Vedova



## INTRODUZIONE

Le tecniche di riabilitazione in uso oggi hanno come principale scopo il recupero funzionale del paziente in tempi brevi cercando di ridurre il più possibile le complicanze post-operatorie, per permettere un reinserimento celere in ambiente sportivo e/o socio-lavorativo.

Le metodologie usate si rifanno per la maggior parte a tre correnti:

- a) **riabilitazione con esercizi passivi ed attivi a catena cinetica chiusa;**
- b) **riabilitazione usando catene cinetiche aperte;**
- c) **riabilitazione in acqua.**

La terapia in acqua ha costituito parte integrante dei trattamenti medici riabilitativi già dai tempi dei greci e dei romani. L'uso dell'acqua come tecnica terapeutica ha resistito al test del tempo ed ha ripetutamente confermato i suoi molti benefici: anche al giorno d'oggi, era di cambiamenti e miglioramenti tecnologici repentini, l'acqua rimane un "gold standard" nella riabilitazione in una ampia varietà di condizioni patologiche.

L'idroterapia o terapia acquatica fu documentata per primo da Ippocrate (460-375 a.C.). Sebbene sia stata largamente usata fin dai primi secoli, a noi sono arrivati pochi scritti che la documentano, sia nei metodi di lavoro che nei suoi benefici effetti. Con il passare del tempo, i principi fisici e idrodinamici degli esercizi acquatici furono studiati attentamente dagli studiosi europei, anche se i protocolli di lavoro in acqua sono stati supportati da dati non scientifici e stravaganti. Ciò fu la ragione principale per la quale il mondo medico ha avuto una certa pregiudiziale nel considerare il trattamento in acqua come principale risorsa riabilitativa.

Nei primi del 900 ci furono non poche discussioni scientifiche riguardanti l'idroterapia, fino a sfociare, attualmente, nel principio di considerarla non come un tipo di terapia a parte, bensì come un metodo integrato, con i suoi reali meriti.

Con il proliferare della medicina e della traumatologia dello sport come discipline autonome e con l'incremento delle tecniche utilizzate per la gestione

della riabilitazione dei traumi da sport, l'uso della vasca di riabilitazione o della piscina per la riabilitazione in acqua ha raggiunto una nuova dimensione: attualmente l'uso della idroterapia viene considerato concettualmente come un metodo precoce e progressivo per il trattamento di una grande varietà di patologie e disordini ortopedici.

In questa scheda intendiamo presentare una tecnica di riabilitazione innovativa in acqua, messa a punto dagli autori, che utilizza tavolette come sovraccarichi periferici (**TECNICA WAT-JOB**).

Tale tecnica, che sarà descritta nel dettaglio, permette il recupero totale e in tempi più brevi rispetto alle tecniche tradizionali, cosa questa di fondamentale importanza per un reinserimento dell'atleta nella sua attività agonistica senza complicanze muscolo - tendinee o recidive. Tale metodica, a nostro modesto parere, può essere somministrata anche a sedentari che hanno tutto l'interesse a riprendere precocemente l'attività lavorativa.

## **La Tecnica WAT-JOB**

Fra i compiti che possono essere considerati "istituzionali" nel lavoro del tecnico riabilitatore, spicca quello di dover continuamente ricercare metodi terapeutici di facile attuazione, agenti nel rispetto di precise regole di progressione del carico somministrato e, soprattutto, che non danneggino ulteriormente una struttura che ha già subito insulti traumatici e/o chirurgici. A questo principio metodologico, negli ultimi anni, si è aggiunto il concetto di riabilitazione/ricondizionamento, cioè la ricerca di programmi riabilitativi che prevedano, oltre le manovre classiche di terapia cinetica, anche l'introduzione, fin dalle prime fasi di lavoro, di particolari movimenti consensuali alla biomeccanica del gesto che il paziente è uso fare. Tuttavia, a volte, ciò può risultare di difficile realizzazione, come quando ci si trova di fronte ad un paziente con una patologia osteo - articolare complessa, dove il carico gravitativo, specie nelle prime fasi della riabilitazione, non è consentito. In questi casi, la moderna cinesiologia consiglia di ricorrere a tecniche di terapia in acqua, che prevedano, oltre all'uso delle tradizionali metodologie (pinne, corpetti antigravitari, ecc ...), anche l'uso di tavolette (**TECNICA WAT-JOB**) le quali, con l'applicazione di un carico idrodinamico quantificabile, permettono di impostare un lavoro programmato che accompagna il paziente dalla prima fase di riabilitazione fino alla fase finale di ricondizionamento senza sottoporre l'articolazione o l'arto lesa ad un carico eccessivo, quale quello gravitativo, ma permettendogli nel contempo di riattivare uno schema neuro-motorio specifico.

### **Principio teorico**

Forse qualcuno ignora che abbiamo quotidianamente a che fare con un fluido viscoso, cioè che viviamo, respiriamo e ci muoviamo in una sostanza, l'aria, che ha peso e densità propria come qualunque altro gas o liquido. Ciò accade perché il nostro organismo è abituato da sempre a questa situazione (in realtà se così non fosse non potremmo neanche vivere) e perché con le nostre sole forze ci muoviamo nell'aria a velocità relativamente basse.

Basta però poco per accorgersi che anche l'aria ha una sua "consistenza" e che si comporta in maniera molto diversa a seconda della forma dell'oggetto che in essa si muove.

Sono dette fluide quelle sostanze che si possono trovare allo stato gassoso o liquido, come ad esempio l'aria e l'acqua. Questo stato della materia ha luogo quando le molecole sono poco aderenti tra loro così da poter scivolare le une sulle altre con una certa facilità.

A differenza di quelli teorici (detti "perfetti") che si trovano solo nei libri di fisica, tutti i fluidi con cui veniamo normalmente in contatto sono viscosi. Il motivo si deve ricercare nelle forze intermolecolari che, seppure deboli come detto, sono comunque sempre presenti in natura. La conseguenza è che se proviamo a far scorrere due piccoli strati di fluido uno sull'altro ci accorgiamo di dover fare costantemente un certo lavoro per mantenerli in movimento. Questa che sembra una pessima caratteristica dei fluidi è in realtà un'importantissima proprietà: infatti senza la viscosità non potremmo respirare, una piccola perturbazione non si smorzerebbe mai e anzi si sommerebbe a tutte le altre creando una tempesta, oppure gli aerei non potrebbero volare.

Ovviamente i fluidi hanno anche altre caratteristiche, come la densità e la viscosità cinematica, correlate tra loro, e che sono funzione della pressione (per gli aeriformi) e della temperatura, ma in questa scheda non ce ne occuperemo esplicitamente.

Un corpo affusolato o con poca superficie esposta frontalmente all'aria offre meno resistenza di uno tozzo o con spigoli acuti o con elevata sezione frontale, così come, in linea di massima, accade che una superficie liscia generi meno attrito di una scabrosa o irregolare.

Il motivo si deve cercare nella "antipatia" che hanno i fluidi per gli spazi vuoti che incontrano: se ne trovano uno cercano sempre di riempirlo. Allora se un oggetto è affusolato è facile per l'aria o l'acqua seguirne il contorno per poi richiudersi dietro ad esso, mentre se il corpo è irregolare o tozzo i fluidi devono divenire disordinati, turbolenti, creare dei vortici per ricongiungersi alle sue spalle, in altre parole devono "formare una scia".

Per rendersi conto dell'importanza della scia nel fenomeno che stiamo considerando si pensi a quelle pericolose nubi d'acqua che i camion sollevano in autostrada quando piove: a volte sono più lunghe ed alte degli stessi camion che le hanno generate. Tutto questo ci serve a visualizzare un fenomeno che è spesso molto più grande e che coinvolge molta più energia di quanto possiamo immaginare; infatti per la formazione della scia e dei vortici, cioè per riempire gli spazi vuoti di cui abbiamo parlato, il fluido "ruba" energia al corpo che si muove, rallentandolo, per poi ritrasformarla in pressione.

Solo per avere un'idea della durata di una scia e dell'energia in gioco, si pensi che negli aeroporti si devono far passare alcuni minuti tra il decollo di un normale aereo di linea a reazione e il successivo sulla stessa pista, o lungo una parallela vicina, perché la turbolenza generata dai motori e dalle ali del primo potrebbe addirittura far precipitare il secondo.

Ora che abbiamo visto cosa succede muovendosi in un fluido, sarebbe interessante cercare di quantificare questo fenomeno. In questo modo infatti saremo in grado di prevedere l'entità della forza necessaria per mantenere in

moto un certo corpo in un dato fluido. Le applicazioni di questa teoria sono molteplici e, come si intuisce facilmente, tutte importanti perché possono andare dalla predizione di quanta benzina consuma una autovettura in autostrada a quanto deve essere resistente un ponte o un edificio per non essere abbattuto dal vento, al calcolo della velocità con la quale eseguire determinati movimenti riabilitativi per avere dei carichi prestabiliti.

Dopo diversi studi, sperimentazioni in galleria del vento e varie ipotesi e teorie si è giunti alla conclusione che le forze fluidodinamiche dipendono dalla densità del fluido in cui sono generate, dalla velocità alla quale ci si muove elevata al quadrato (questo ha importanti conseguenze, come vedremo), da una sezione di riferimento del corpo e da un termine convenzionale che chiamiamo coefficiente di forma e che dipende, appunto, dalla forma del corpo e dal modo in cui questo incontra il fluido.

La formula dice che:  $F = 1/2 \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_x$

dove:

- **F** è la forza fluidodinamica cercata, in Newton (la potenza si ottiene considerando la velocità al cubo);
- **$\rho$**  è la densità del fluido in cui ci si muove, espressa in Kg/m<sup>3</sup> (per l'aria vale 1,2 mentre per l'acqua dolce 1000); entrambi i valori sono riferiti a condizioni standard, avendo visto che altrimenti sarebbero funzione della temperatura e della pressione;
- **V** è la velocità di movimento in m/s elevata al quadrato (al cubo nel caso del computo della potenza);
- **S** è la sezione di riferimento del corpo espressa in mq, di solito si prende quella frontale rispetto al senso del moto;
- **C<sub>x</sub>** è il coefficiente adimensionale di forma, che convenzionalmente dipende solo dalla forma del corpo a qualunque velocità e in qualunque fluido si muova (questo non è sempre vero, ma per la maggior parte dei casi non cambia molto).

Se si vuole avere la forza espressa in chilogrammi bisogna dividere il risultato ottenuto per l'accelerazione di gravità, che per semplicità di calcolo prendiamo pari a 10 m/s<sup>2</sup> (a Roma vale 9,806 m/s<sup>2</sup>, quindi la semplificazione comporta l'errore del 2%).

Per quanto ci riguarda, bisogna richiamare l'attenzione sugli ultimi tre termini della formula avendo posto invariabile la densità: infatti l'acqua si considera allo stato liquido e quindi incompressibile mentre per l'aria è molto laborioso lavorare con densità diverse da quella in condizioni di pressione standard (servirebbe una camera pressurizzata); per questo motivo alla densità dell'aria si applicano le correzioni dovute alla differenza di temperatura che può esserci rispetto alla citata condizione di riferimento.

Anzitutto si noti che la forza dipende dal quadrato della velocità e non dalla sua prima potenza; questo significa che se per muovere un corpo ad una data velocità in un certo fluido è necessaria una certa forza, per muoverlo a velocità doppia non basta una forza doppia ma quattro volte maggiore. Questo discorso è ulteriormente amplificato per la potenza che dipende dal cubo della velocità e che quindi al raddoppiarsi di questa diviene otto volte maggiore.

Si noti poi che la forza dipende linearmente dalla superficie del corpo in esame; questo significa che, ad esempio, un uomo in piedi presenta minor resistenza all'aria di un Boeing perché quest'ultimo, pur essendo più aerodinamico, è anche molto più grande.

Per superficie si intende convenzionalmente la sezione frontale, grandezza che non è sempre facile calcolare; infatti a parte il caso di forme piane con i lati rettilinei, può capitare di dover valutare la sezione frontale di un corpo non piano la cui proiezione non è detto che abbia lati rettilinei (si pensi, ad esempio, alla sezione frontale di una mano o, peggio ancora, a quella di un ciclista in sella ad una bicicletta).

Questi casi si risolvono utilizzando un'opportuna fotografia che può poi essere digitalizzata ed elaborata da un software appropriato o, più semplicemente, anche se con minor precisione, ritagliata in tante figure più piccole e semplici di cui sia facile computare la superficie.

L'ultimo termine che ci riguarda è il **C<sub>x</sub>** o coefficiente adimensionale di forma. Questo viene così chiamato perché la sua definizione fisica convenzionale lo pone uguale al rapporto tra la forza fluidodinamica e il semiprodotto della densità, per la velocità al quadrato, per la sezione:

$$C_x = F / 0,5 \rho V^2 S$$

Questo, con l'analisi delle dimensioni fisiche delle grandezze in gioco, cioè del numeratore e del denominatore, lo rende un numero puro, quindi senza un'unità di misura, che si deve semplicemente moltiplicare per gli altri termini. La resistenza aerodinamica (e la potenza) dipendono linearmente dal **C<sub>x</sub>**, il problema in questo caso può sorgere nel momento in cui lo si deve computare con precisione.

Infatti è facile trovare nei libri di fluidodinamica e nelle pubblicazioni del settore i valori del **C<sub>x</sub>** per alcune forme standard come le lastre piane, i cilindri o le sfere in aria libera. Questi valori sono sperimentali, sono cioè stati ricavati da prove in galleria del vento di modellini appositamente realizzati e strumentati.

E' interessante notare come variano a seconda della forma di uno stesso corpo, cioè, ad esempio nel caso della lastra o del cilindro, se è molto "allungato" oppure il contrario. Il motivo è da ricercarsi nell'entità e nella forma dei vortici che i diversi corpi generano muovendosi; ovviamente tanto più grandi questi saranno, tanto maggiore sarà l'energia che assorbiranno e quindi l'effetto frenante risultante alla fine.

Purtroppo non sempre le situazioni di nostro interesse possono essere correttamente ricondotte ad uno di questi casi ideali. Infatti si deve ricordare che il coefficiente di forma è funzione del campo aerodinamico che si genera attorno al corpo, per questo motivo bastano anche piccoli cambiamenti nella forma del corpo, nella distribuzione dei volumi attorno ad esso o nell'andamento del campo di velocità per cambiare in modo sostanziale la situazione. La soluzione risiede allora nell'uso di metodi semi - empirici che raggiungono precisioni accettabili nella previsione di quanto accadrà. Vedremo presto un'applicazione pratica di quanto detto, qui l'importante è sottolineare la necessità di una corretta impostazione iniziale del problema.

A titolo di esempio calcoliamo la forza che occorre applicare ad un corpo semplice come una lastra piana, per muoverlo in acqua a bassa velocità; ci troviamo quindi nel caso teorico ideale di una riabilitazione in vasca. Premettiamo che fisicamente la lastra è un corpo piano, cioè avente due dimensioni, i lati, predominanti rispetto alla terza, lo spessore. Una lastra quadrata, cioè con il rapporto tra i lati uguale circa ad uno, ha il coefficiente di forma pari a circa 1,2. Supponiamo infine che si muova in acqua alla velocità di 1 m/s (pari a 3,6 km/h) e che abbia il lato di 20 cm (quindi la sezione frontale è di  $0,2 \times 0,2 = 0,04 \text{ m}^2$ ).

La forza è, come abbiamo detto:  $F = 1/2 \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_x$

cioè:  $1000 : 2 \times (1 \times 1) \times 0,04 \times 1,2 = 24 \text{ Newton}$

Se la vogliamo espressa in Kg dobbiamo dividere il tutto per il valore dell'accelerazione di gravità che abbiamo preso pari a  $10 \text{ m/s}^2$ , otteniamo così il valore di 2,4 Kg.

Nel caso la velocità fosse stata di 2 m/s la forza sarebbe stata:

$1000 : 2 \times (2 \times 2) \times 0,04 \times 1,2 = 96 \text{ Newton (o } 96 : 10 = 9,6 \text{ Kg)}$

cioè, come si è visto, raddoppiando la velocità la forza si quadruplica.

A titolo di esempio vediamo la forza che servirebbe per muovere la stessa lastra sempre a 1m/s, ma in aria:

$1,2 : 2 \times (1 \times 1) \times 0,04 \times 1,2 = 0,0288 \text{ Newton cioè } 0,00288 \text{ Kg}$

Si vede quindi che la forza fluidodinamica necessaria in aria per questo caso ideale è circa 800 volte più piccola di quella necessaria in acqua; se invece, con la stessa lastra, volessimo ottenere in aria i 24 Newton trovati in acqua dovremmo muoverci alla velocità di:

$$V = \frac{(24 \times 2)}{(1,2 \times 0,04 \times 1,2)} = 28.87 \text{ m/s}$$

cioè a **104 Km/h!!!**

Questi calcoli sono riferiti alla situazione ideale di una lastra in moto uniforme nel fluido, ma servono già a darci un'idea molto chiara dell'entità delle forze in gioco nei diversi casi e del motivo per cui, a scopo riabilitativo, si è pensato di ricorrere a movimenti in acqua degli arti, dotati di appendici varie che ne aumentino ulteriormente la resistenza al moto: infatti, come si è visto, questo permette di ottenere carichi notevoli anche a velocità molto ridotte e quindi con il controllo ottimale del movimento.

Non si deve poi dimenticare che il galleggiamento assume valori notevoli in acqua proprio per la sua elevata densità e che spesso può essere di aiuto

facendo diminuire il peso gravante su di un arto, agevolandone così il moto secondo le modalità stabilite (in realtà la spinta di Archimede esiste anche nell'aria, ma, dal momento che è pari al peso del volume di fluido spostato e che, come abbiamo visto, l'acqua è molto più pesante, nell'aria è molto ridotta).

## Applicazioni pratiche

Veniamo adesso al caso pratico di nostro interesse, cioè quello del computo della forza necessaria a muovere un arto (ad esempio la rotazione di una gamba attorno al ginocchio) in acqua, dopo che gli sia stata applicata saldamente una lastra piana per aumentarne la resistenza all'avanzamento. Allo scopo, nel Dipartimento di Biomeccanica dell'Istituto di Scienza dello Sport del C.O.N.I. di Roma, è stato messo a punto un software dedicato [**Rehabilitation Overload Simulation Software – ROSS**] con il quale si considerano, oltre a variabili fisse, anche variabili dipendenti, che permettono di calcolare sia il carico che si applica ad ogni movimento per diverse superfici di tavolette, che la progressione del carico stesso aumentando la velocità di esecuzione (**fig. 1**).



FIG. 1

Le prove sperimentali effettuate hanno confermato l'ordine di grandezza riportato nelle figure per i carichi ottenuti.

Si può dunque concludere dicendo che il modello di calcolo utilizzato presenta sufficiente precisione per descrivere lo stato attuale della ricerca e che, pur con le varie imprecisioni presenti e con la necessità di ulteriori aggiustamenti sperimentali, è già in grado di fornire velocemente e con calcoli relativamente semplici, un'idea abbastanza precisa della dinamica del fenomeno e dell'ordine di grandezza delle forze in gioco.

Le tavolette utilizzate in questa metodica riabilitativa, sono di materiale plastico, la cui forma, dimensione e collocamento, variano a seconda del carico e dei distretti articolari che si vogliono impegnare (**fig. 2**).



**FIG. 2**

E' quindi possibile, conosciuta la superficie della tavoletta e la velocità di esecuzione del movimento (cronometrabile con buona approssimazione), definire il carico cui è sottoposta la catena cinetica muscolare interessata, oppure, viceversa, stabilito il carico, indicare a quale velocità deve essere fatto il movimento.

In questo modello sperimentale non è stato considerato, per ovvi motivi esemplificativi, il coefficiente di galleggiamento del corpo umano, dal momento che, nella fase riabilitativa, si può zavorrare il paziente, allo scopo di annullare questa forza tendente verso l'alto o, come normalmente avviene, il paziente si sostiene ad apposite maniglie.

### **Descrizione del metodo di lavoro in acqua**

Nella pratica riabilitativa si utilizza una tavoletta come quella visibile in **fig. 2**. Si tratta di una lastrina di materiale plastico duro, di forma quadrangolare, con sottostante una centina anatomica che la adatta alla forma del distretto muscolare su cui viene collocata, assicurandola con una cinta di Velcro. Il metodo di lavoro con tavolette in acqua dovrà prevedere tale progressione metodologica:

- a) dinamometria isometrica** (valutazione della forza muscolare);
- b) scelta del carico da applicare** tramite software (quantità, intensità) e quindi delle caratteristiche su cui si baserà il movimento (larghezza della tavoletta, numero e velocità delle ripetizioni);
- c) effettuazione del movimento** (dopo aver posto il paziente in vasca nelle condizioni ottimali).

E' di fondamentale importanza che il paziente assuma, durante la riabilitazione in acqua, una posizione verticale, facendo in modo che si assicuri a delle maniglie poste ai lati della vasca: si è infatti in precedenza descritto come sia variabile il carico con il variare della direzione del moto imposto alla tavoletta. Per angoli diversi consigliamo di studiare la resistenza in base alla formula descritta in precedenza.

La descrizione completa del metodo con WAT-JOB, presuppone una classificazione del tipo di patologia da riabilitare: pertanto si descriveranno due soli esercizi, considerati, dal punto di vista didattico, i più esplicativi:

### **1) Riabilitazione del movimento di flessione della coscia sul bacino**

La tavoletta va posizionata in senso parallelo alla coscia, distalmente all'articolazione dell'anca, poi si procede all'esercizio (**fig. 3**).



**FIG. 3**

Sulla base di quanto in precedenza detto, con una tavoletta di cm. 20 x 20, sottoposta a movimento di semirotaazione su un asse fisso (in questo caso l'asse è quello passante per l'articolazione coxo-femorale), a circa 2 m/s il paziente deve vincere una resistenza di 3.32 Kg ogni rotazione, pertanto, dopo 10 ripetizioni, egli avrà spostato circa 33 Kg.

### **2) Movimento tipo catena cinetica "di flessione semi completa dell'anca e di estensione del ginocchio.**

La **fig. 4** dimostra come sia possibile far compiere ad un muscolo un movimento complesso: il quadricipite femorale è flessore della coscia sul bacino ed estensore della gamba sulla coscia (estensore del ginocchio). Posizionando quindi una tavoletta come in **fig. 3** ed un'altra sulla zona sovrastante la caviglia, si otterrà il risultato di un movimento a catena cinetica completo del quadricipite.



**FIG. 4**

E' chiaro che le tavolette utilizzate possono essere di diverse dimensioni, onde somministrare carichi differenziati.

Quindi, in conclusione, le due condizioni che possono far aumentare il carico di lavoro sono: l'aumento della velocità del movimento in acqua e l'aumento delle dimensioni di superficie esposta alla resistenza della tavoletta. Allo scopo, si possono utilizzare delle appendici laterali da applicare alla tavoletta stessa.

## **Tecniche di Riabilitazione del Ginocchio in acqua**

### **1. Riabilitazione del ginocchio dopo ricostruzione di legamento crociato anteriore (LCA), utilizzando esercizi di chinesiterapia con elastici (KCE) e metodo in acqua WAT-JOB.**

Nella esperienza quotidiana di riabilitazione di soggetti sportivi operati, caratterizzata, come spesso affermato in precedenza, dalla urgenza di rimettere l'atleta in grado di riprendere la propria attività agonistica, abbiamo messo a punto degli esercizi da inserire a complemento o come sostituzione dei tradizionali schemi riabilitativi che, applicati ove l'ambiente lo consente, permettono di accelerare i tempi della guarigione con indiscussi vantaggi sia in termini medici che pratici, senza arrecare danni al paziente, anche se non atleta.

Allo scopo di rendere esauriente la nostra trattazione, descriveremo una riabilitazione di ricostruzione di LCA tradizionale, inserendo, nelle varie fasi, le nuove tecniche da noi proposte.

Prima di passare alla descrizione del metodo, è doveroso fare una premessa di carattere funzionale.

Il funzionamento del ginocchio patologico in via di riabilitazione è assai diverso dal comportamento cinesiologico di un ginocchio sano. Il terapeuta dovrà, pertanto, fissare i concetti generali biomeccanici del movimento articolare sano e confrontarli nel ginocchio che sta riabilitando, osservando attentamente che un ginocchio patologico rispetto al sano differisce essenzialmente nei meccanismi di difesa articolare rispetto agli agenti esterni, quali la forza di gravità. Un ginocchio patologico è un ginocchio a rischio: se per esempio non possiede, come abbiamo detto, tutta l'estensione, sarà deficitario anche negli ultimi 5° della massima rotazione combinata che il femore imprime alla tibia (qualora il piede è poggiato al suolo): questa azione del femore, in un ginocchio sano, consente di mettere in tensione tutti i dispositivi articolari e quindi di ovviare, per esempio, alle asperità del terreno, poiché in questa fase di estensione completa l'articolazione è serrata.

A questo va aggiunto che esercizi che sviluppino carico a 45° (secondo un piano perpendicolare al centro di rotazione posto all'altezza del piatto tibiale) possono essere dannosi per la loro tendenza a sub-lussare anteriormente la tibia, quindi allungando coattamente il neolegamento, specie se applicati precocemente: esempio classico la leg-extension, sia in configurazione isocinetica che isometrica. E' per tali motivi che non può essere consentito il carico gravitario nei primi giorni della riabilitazione, tranne che non si ricorra ad alcuni accorgimenti, quali il lavoro in acqua con tavolette.

L'attenzione del terapeuta dovrà essere rivolta oltre all'aspetto cinesiologico passivo, anche allo studio degli esercizi e quindi alla scelta dei mezzi allenanti, specie nella prima fase del periodo di riabilitazione. Estrema importanza rivestirà, quindi, l'aspetto metodologico riabilitativo, cioè la quantità del lavoro somministrato e la qualità dello stesso, intesa come la scelta dei mezzi riabilitativi.

### **SCHEMI DI RIABILITAZIONE**

La riabilitazione del ginocchio con LCA ricostruito prevede 5 o 6 fasi di lavoro:

### **Fase pre-operatoria**

Questo periodo, raramente di pertinenza pratica del Terapista, ricopre una fondamentale importanza nella riuscita successiva della riabilitazione. Esso consta di solito, ove lo stato di infiammazione lo consenta, di una serie di esercizi che il paziente esegue autonomamente su schemi consigliati dal medico o dal kinesiologo, tendenti al recupero o al mantenimento del tonotrofismo del quadricipite, del bicipite femorale e dei distretti muscolari della gamba, utilizzando tecniche di kinesi attiva e controresistenza che molto si avvicinano alle terapie conservative.

La durata di questa pre-fase varia dalle 2 alle 3 settimane a partire dalla completa scomparsa dell'infiammazione dell'articolazione, cioè dopo circa 15-20 giorni dall'evento traumatico, ed è comunque dipendente dallo stato muscolare dell'operando. Purtroppo, per cause molteplici, il paziente tende a trascurare questa fase, per comprensibili aspetti psicologici, tranne nel caso in cui la sua motivazione sia molto alta (sportivi professionisti).

### **Fase 1 (dalla 1<sup>a</sup> alla 15<sup>a</sup> giornata)**

Notoriamente nei primi giorni (3 o 5) dopo l'intervento il paziente rimane in ambiente ospedaliero, di solito allettato, immobilizzato in ginocchiera dinamica, con una articolazione dolorante e, spesso, edematosa. Questa fase deve essere molto ben gestita, perché altrimenti potrebbe causare danni seri e difficilmente riparabili.

Nei primi 5 giorni il movimento dell'articolazione è affidato a sistemi MPC (macchine a movimento passivo continuo) che consentono il recupero della estensione passiva già in 7<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup> giornata.

L'ottimizzazione di una terapia a carico del ginocchio inizia dai primi giorni dopo la dimissione, con esercizi che programmano il mantenimento del buono stato muscolare della loggia anteriore e posteriore della gamba, compresa l'articolazione della caviglia. Questo perché, non potendo sovraccaricare, per ovvie ragioni, l'articolazione operata, in breve tempo potrebbe presentarsi la perdita funzionale di tutto il segmento sottostante: inserendo, invece, degli esercizi muscolari a carico di questi distretti, si consentirà al paziente di deambulare più precocemente con l'uso di canadesi evitando rovinose cadute. Noi consigliamo esercizi praticati in vasca già dai primi giorni di riabilitazione, facendo attenzione che il paziente immerga in acqua solo la parte sottostante la ferita che, al momento attuale, si presenta ancora con una cicatrice fresca. Con l'uso di una pinna di non eccessiva larghezza si faranno compiere esercizi di flesso estensione e circumduzione della caviglia. In aggiunta a questo lavoro in acqua, consigliamo anche kinesiterapia assistita controresistenza della caviglia, sia con uso di elastici che senza, a paziente con indosso il tutore bloccato, onde evitare stress in varo o in valgo del ginocchio operato. Queste tecniche sono da considerarsi come un complemento a quelle tradizionali, tipo le contrazioni isometriche del quadricipite e le flessioni attive isotoniche dei flessori, nonché i due esercizi precedenti combinati. In questa fase il paziente deambula "a sfioramento" con canadesi e l'ortopedico blocca la ginocchiera ad un angolo di estensione ancora chiuso.

## **Fase 2 (dalla 15<sup>a</sup> giornata alla fine del 1° mese)**

Riteniamo che questa sia la fase "critica" da cui deriva la riuscita della riabilitazione.

Rimanendo in perfetto accordo con le tecniche di terapia classiche, che non permettono ancora in questo periodo il carico ortostatico né esercizi a catena cinetica aperta, è in questa fase che devono essere previsti esercizi in vasca, che consentono, sfruttando l'assenza di carico gravitativo, di somministrare al soggetto esercizi di flessione estensione coscia bacino e gamba coscia, sovraccaricando i movimenti con tavolette: in altri termini, ciò che non è permesso a secco, si può tranquillamente far eseguire in acqua.

Dalla 15<sup>a</sup> giornata (dopo la rimozione dei punti di sutura), fino alla 30<sup>a</sup>, si userà una Wat Job di 20x20 cm. sulla coscia e una di 10x10 sulla gamba. In acqua sono consentiti anche esercizi di adduzione, abduzione e circumduzione. In aggiunta alle metodiche precedenti, possono cominciare gli esercizi isometrici "a circuito", o isodinamici con elastici: i primi eseguiti autonomamente dal paziente, i secondi assistiti dal Terapista. Quest'ultimo metodo è, a nostro avviso, preferibile, perché consente un maggior controllo sia del carico che della tecnica di esecuzione.

## **Fase 3 (tutto il 2° mese)**

In questa fase, poiché al paziente viene permesso di deambulare senza l'uso di tutori, si può cominciare ad inserire esercizi che stimolino l'estensione attiva del paziente completando l'ipertrofizzazione dei flessori, dei vasti e dei muscoli della gamba. In vasca si aumenta il carico con l'aumento delle dimensioni della tavoletta (30x20) e con l'utilizzo anche di una pinna più larga.

A secco, pur continuando gli esercizi di estensione passiva in precedenza descritti, si può inserire l'utilizzo di macchine più complesse: il tapis roulant sia in piano che in salita a basse velocità intervallate da pause per la ricoordinazione del passo (con andature tacco - punta) e della corsa, la bicicletta ergometrica per il lavoro sui vasti, esercizi con elastici che sviluppino tensioni maggiori, specie per i movimenti degli abduttori e degli adduttori della coscia.

In questo periodo, inoltre possono essere usate delle correnti di elettrostimolazione tipo Koltz, che sono quelle che riescono a reclutare un maggior numero di fibre muscolari.

## **Fase 4 (dopo il 3° mese)**

È molto simile alla precedente, variando da essa sostanzialmente per l'aumento del carico e per il numero di ripetizioni dell'esercizio.

In questa fase gli esercizi in vasca non sono più allenanti, poiché allo scopo di aumentare il carico si dovrebbero utilizzare tavolette sovradimensionate o velocità di movimento notevoli. D'altro canto, arrivati a questo livello di riabilitazione senza che siano intercorsi problemi, riteniamo che il soggetto possa eseguire tutti i movimenti ed utilizzare tutte le macchine e/o metodologie di carico (compresa la leg-extension a catena cinetica aperta, che fino a questo momento era bandita o utilizzata con angolo di estensione minore rispetto a quello passivamente espresso dal paziente). Sarà compito

del Terapista, della sua fantasia e dei mezzi a sua disposizione, il rendere efficace e non noiosa la terapia.

### **Fase 5 e 6 (del Ricondizionamento)**

Possiamo in questa fase cominciare ad inserire esercizi di ricondizionamento: questo punto, di estrema importanza se ci troviamo di fronte ad un atleta, consiste nell'inserimento di esercizi a secco sempre più complessi sia in termini coordinativi che in termini cinetici: per esempio, se l'atleta è un calciatore, si potranno inserire dei circuiti di corsa con cambi di direzione, tipo corsa a navetta o, con una palla leggera, palleggi con l'arto operato ed appoggio sul sano. In presenza di atleti di altre discipline, gli esercizi verranno messi a punto sulla conoscenza del gesto motorio.

La validità dei protocolli proposti è stata confermata da uno studio sui risultati ottenuti su 20 atleti di alto livello, sottoposti a riabilitazione con il metodo WAT – JOB (**Tabella 1**), comparati con un gruppo di controllo di 20 atleti di alto livello, sui quali sono stati applicati concetti classici riabilitativi, con l'esclusione dell'uso dell'acqua (**Tabella 2**). Il primo gruppo (riabilitati con la nuova idroterapia), ha mostrato un periodo di completo recupero funzionale in  $105 \pm 9$  giorni, rispetto al gruppo di controllo la cui media è stata di  $182 \pm 7$  giorni. Inoltre, il follow-up a 12 mesi, effettuato con l'utilizzo di test ortopedici di confronto (Jerk e Lachman Test; artrometria con KT 1000) ha dimostrato un'ottima risposta del gruppo dopo il loro ritorno all'attività atletica (**Tabella 3**).

**Tabella 1 – Gruppo studio**

<b>20 soggetti, 17 maschi e 3 femmine</b> Maschi: 9 calcio, 3 basket, 4 pallavolo 1 judo Femmine: 1 basket, 1 pallavolo, 1 calcio
<b>Periodo pre-chirurgico</b> Non si sono eseguite tecniche pre-chirurgiche, poiché tutti i soggetti sono stati operati entro 15 giorni dal trauma al legamento crociato anteriore del ginocchio
<b>Periodo post-chirurgico</b> a) 1-14 giornata: - stessi protocolli del gruppo di controllo - in 10 giornata flessione estensione del piede con una pinna in acqua (ginocchio a 45°) b) 15-30 giornata: - stessi protocolli del gruppo di controllo - 3 sessioni di lavoro in acqua (flessione/estensione; abduzione/adduzione dell'anca) con una tavoletta cm 20x20 c) 30-60 giornata: - stessi protocolli del gruppo di controllo - 4 sessioni di lavoro in acqua (flessione/estensione; abduzione/adduzione dell'anca) con una tavoletta cm 20x20 - corsa tipo "interval training" su terreno soffice o treadmill - esercizi di ricondizionamento (palleggio con la palla, salti su tappeto elastico) d) 60-120 giornata: - stessi protocolli del gruppo di controllo - il lavoro in acqua continua con tavolette di cm 20x20 posta al di sopra del ginocchio - corsa su diversi terreni - nessun lavoro isocinetico o leg press - comincia l'allenamento specifico in 105 giornata

**Tabella 2 - Gruppo controllo**

<p><b>20 soggetti, 16 maschi e 4 femmine</b>          Maschi: 7 calcio, 4 basket, 1 taekwondo, 3 pallavolo 1 handball          Femmine: 2 basket, 1 pallavolo, 1 calcio</p>
<p><b>Periodo pre-chirurgico</b>          Non si sono eseguite tecniche pre-chirurgiche, poiché tutti i soggetti sono stati operati entro 15 giorni dal trauma al legamento crociato anteriore del ginocchio</p>
<p><b>Periodo post-chirurgico</b>          a) 1-14 giornata:          - CPM 60-90-110°          - contrazioni isometriche          - deambulazione (7° giorno) con 20% del carico, con DON-JOI          b) 15-30 giornata:          - stop CPM e rimozione punti sutura          - contrazioni isometriche          - "skate" per la flessione          - deambulazione con carico totale, con DON-JOI          - massaggi, mobilità circolare della rotula, estensione passiva          c) 30-60 giornata:          - esercizi isometrici          - cyclette, nastro trasportatore, step sul posto          - esercizi isotonici          - estensione passiva          - stop DON-JOI          d) 60-120 giornata:          - leg press          - nuoto (no stile rana)          - nastro trasportatore, bicicletta "open air"          - estensione libera          e) 120-240 giornata:          - corsa su terreno soffice con DON-JOI          - inizio ricondizionamento e allenamento          - esercizi isocinetici</p>

**Tabella 3 – Gruppo studio**

	<b>Jerk test</b>	<b>Lachman test</b>	<b>KT1000 (manual maximum test)</b>
<b>Test pre-chirurgico: media del gruppo</b>	++	+++	Differenza ginocchio: 5-7 mm
<b>Follow-up a 12 mesi</b>	Negativo	Negativo	Differenza ginocchio: 2 mm

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Abbot IH (1945): **Theory of wings**. Dover, New York.
2. Berta C (1985): **Aerodinamica computazionale**. C.R.F., Torino.
3. Edlich RF, Towler MA, Goitz RJ, Etal H (1987): **Bioengineering principles of hydrotherapy**. Int J Burn Care Rehabil 8: 580-584.
4. Faccini P, Zanolli S, Dalla Vedova D, Besi M, Candela V, Dal Monte A (1997): **Simulation software and dummy test to quantify the water overload of a new rehabilitation technique**. The 9th European Congress of Sport Medicina. Porto, Portugal.
5. Genuario SE, VESGO JJ (1990): **The use of a swimming pool in the rehabilitation and reconditioning of athletic injuries**. Contemp Orthop 20: 381.
6. Golland A (1981): **Basic hydrotherapy**. Physiotherapy 67: 258-262.
7. Karamcheti K (1966): **Principles of ideal fluid aerodynamics**. Wiley, New York.

8. Keuthe AM (1976): **Foundations of aerodynamics**. Wiley, New York.
9. Irrgang JJ, Harner CD (1997): **Recent advances in ACL rehabilitation: clinical factors that influence the program**. J Sports Rehabil 6: 111.
10. Noyes FR (1977): **Functional properties of knee ligaments and alteration induced by immobilisation**. Clin Orthop 123: 210-214.
11. Prins J, Cutner D (1999): **Aquatic therapy in the rehabilitation of athletic injuries**. Clin Sports Med 18: 447-461.
12. Rieghels FW (1961) : **Aerofoil sections**. Butterworths, London.
13. Shanebrook JR, Jaszczak RD (1974) : **Aerodynamics of human body**. In : Biomechanics. University Park Press, Baltimore MD pp 567-571 (Fourth International Series of Sport Science, vol 1).
14. Snyder-Mackler L, Delitto A, Daily SL et al (1995): **Strenght of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament: a prospective, randomise clinical trial of electrical stimulation**. J Bone Joint Surg Am 77: 1166.
15. Zanolli S, Faccini P, Dalla Vedova D (1996): **Rehabilitation in the water after reconstruction of knee ACL using quantifiable overload"**. In: Medicine and Science in Sports and Exercises. World Congress of American College of Sport Medicine, USA, Cincinnati.
16. Besi M, Leopardi LM, Dalla Vedova D, Faccini P, Zanolli S: **R.O.S.S. Rehabilitation overload simulation software**. Institute of Sport Science (CONI, Italy), Software.