

Pro-Kin

IL PIEDE SENSITIVO

Nelle prossime pagine, ci dedicheremo principalmente, visto che lo scopo di questo manuale è di fornire un semplice supporto per l'utilizzo cosciente di ProKin, alla descrizione dei meccanismi che regolano, grazie alle afferenze provenienti da particolari recettori muscolari e osteo-articolari e dirette ai centri superiori, il tono muscolare e la sensibilità propriocettiva e cinestesica.

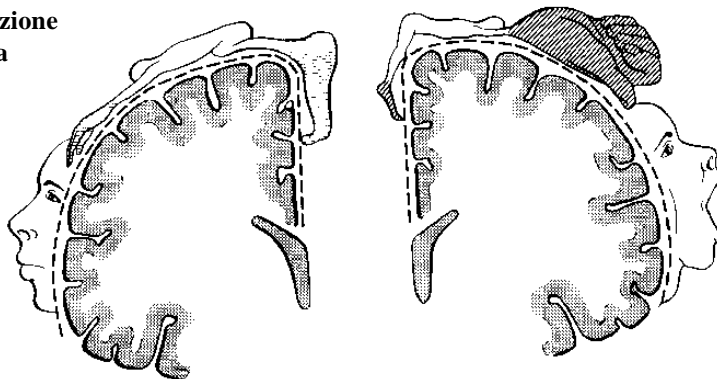
Tali strutture fanno del piede, evidentemente organo di sostegno e di controllo antigravitario, uno dei principali strumenti posseduti dall'uomo per rapportarsi con l'ambiente e modificarsi in relazione ad esso.



In quest'ottica, non stupisce il fatto che, a livello corticale, la rappresentazione sensitiva del piede (v. homunculus) abbia estensione maggiore di quella della mano, mentre accada il contrario per le zone di rappresentazione motoria.

Nei nervi che raggiungono la muscolatura scheletrica e i relativi tendini, decorrono, oltre alle fibre motrici, anche fibre sensitive che comunicano al sistema nervoso centrale la situazione momentanea di distensione e contrazione dei muscoli, nonché le modificazioni del tono delle singole fibre.

rappresentazione
sensitiva



rappresentazione
motoria

Tali informazioni vengono percepite da specifici organi di senso, detti **propriocettori**.

Essi trasducono deformazioni meccaniche in segnali nervosi modulati in frequenza, che sono poi trasmessi al sistema nervoso centrale ed elaborati a livello spinale, a livello del tronco cerebrale e a livello della corteccia motoria, cervelletto e gangli della base.

Con questo nome, si indicano genericamente, allo stato attuale delle conoscenze, i fusi neuromuscolari, i fusi neurotendinei, o corpuscoli del Golgi, le cellule di Vater-Pacini e le terminazioni e i corpuscoli di Ruffini.

Anche se per lungo tempo si è dibattuto sul contributo alla propriocezione dei recettori muscolari, ora recenti lavori suggeriscono che anche essi facciano parte di un sistema molto complicato nel quale ogni recettore interviene sul funzionamento dell'altro.

Un criterio selettivo per distinguere i propriocettori risiede nella verifica della capacità di adattamento ad uno stimolo continuo.

Così, le cellule di Pacini vengono definite "quick-adapting" perché la loro scarica elettrica decresce in un arco di tempo di alcuni millisecondi fino alla scomparsa in presenza di uno stimolo continuo, mentre i corpuscoli di Ruffini e del Golgi e le fibre intrafusali dei fusi neuromuscolari, "slow adapting", continuano ad inviare il loro segnale nervoso.

In base a questa distinzione, si pensa che i recettori "quick-adapting", molto sensibili alle variazioni della stimolazione, siano i principali mediatori delle sensazioni di movimento articolare; all'opposto, i recettori "slow-adapting" sarebbero responsabili della percezione della posizione.

I FUSI NEUROMUSCOLARI

I fusi neuromuscolari sono complessi propriocettori, che hanno in media una lunghezza di 3 mm. ed uno spessore di 200 micron.

Sono caratterizzati dalla presenza di fibre muscolari, chiamate intrafusali, estremamente sottili, ricche di sarcoplasma e povere di miofibrille.

Esse misurano qualsiasi variazione di lunghezza in allungamento delle fibre muscolari extrafusali.

Le informazioni registrate raggiungono i centri spinali tramite fibre sensitive alfa.



sezione di un fuso neuromuscolare

I FUSI NEUROTENDINEI

I fusi neurotendinei, o corpuscoli del Golgi, sono ispessimenti fusiformi, prodotti da fitte ramificazioni arborescenti di fibre sensitive, che, avvolte da involucri di tessuto connettivo, giungono alla superficie delle fibre collagene del tendine.

I fusi sono presenti in ogni parte del tendine, ma sono più numerosi nella zona di passaggio tra tendine e muscolo.

Essi vengono stimolati sia dall'accorciamento che dalla distensione del muscolo: misurano cioè la tensione sviluppata dal muscolo e le sue modificazioni.

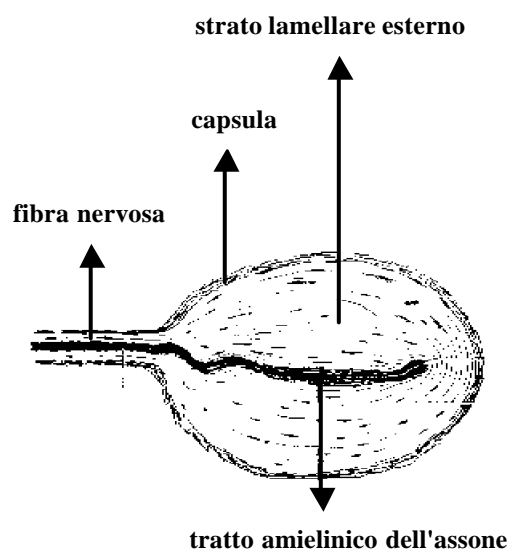
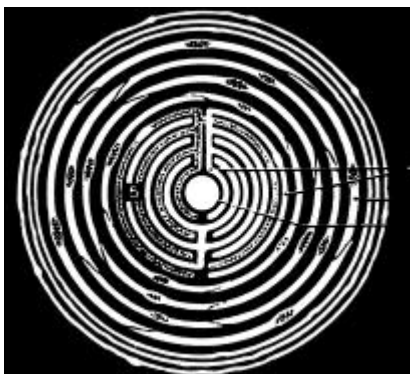
Considerando il piede, recenti studi hanno dimostrato la presenza di numerosi corpuscoli del Golgi nel contesto del legamento del seno del tarso: viene ipotizzato che le fibre legamentose conducano alla stimolazione di tali recettori per avvolgimento su se stesse, durante i movimenti della sottoastraglica.

LE CELLULE DI VATER-PACINI

I corpuscoli lamellari di Pacini, relativamente grandi e di lunghezza fino a 4 mm., si trovano principalmente nel sottocutaneo, a livello delle articolazioni e sulla superficie di numerosi tendini.

Sono formati da un gran numero di lamelle, stratificate concentricamente e sostenute da fibre connettivali.

schema della struttura
longitudinale di un corpuscolo
di Pacini



La fibra nervosa entra da un polo del corpuscolo e decorre al suo interno fino all'estremità opposta. E' proprio questo tratto amielinico dell'assone che rappresenta la porzione recettoriale della fibra.

Le cellule di Pacini sono recettori della pressione, ma maggiormente delle vibrazioni. Prove elettriche su corpuscoli isolati hanno dimostrato che essi sono stimolati da una deformazione rapida per compressione o stiramento, ma non da una pressione continua.

LE TERMINAZIONI E I CORPUSCOLI DI RUFFINI

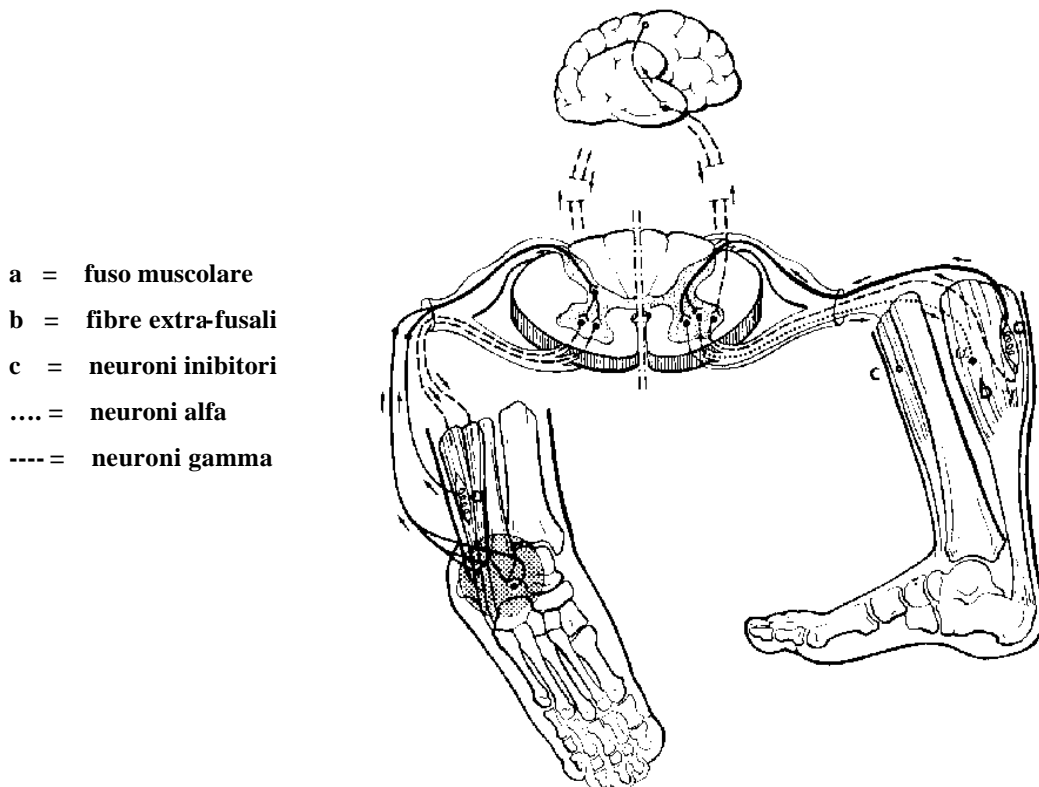
I corpuscoli di Ruffini, situati nel sottocutaneo, rappresentano una forma di passaggio tra le terminazioni nervose libere e quelle incapsulate.

In essi, la fibra nervosa si dirama e forma complesse terminazioni, nelle quali i rami dell'assone terminano con rigonfiamenti, circondati da una capsula di tessuto connettivo.

Le fibre propriocettive si articolano direttamente con i motoneuroni alfa periferici che a loro volta attivano la contrazione delle fibre muscolari extrafusali: tale meccanismo è alla base del riflesso miotatico.

Le afferenze dei propriocettori determinano inoltre la risposta dei neuroni inibitori dei muscoli antagonisti e dei neuroni gamma, attraverso i quali i centri extrapiramidali modulano costantemente la recettività fusale.

Detto in altre parole, il sistema nervoso centrale interviene sul piede, visto come **struttura informativa**, agendo sulla muscolatura, relativamente ad un certo movimento o posizione, in modo tale da programmare la tensione delle strutture recettoriali.



NASCITA DELLA RIABILITAZIONE PROPRIOCETTIVA

Nel suo articolo, " Proprioception in Sport Medecine", Scott M. Lephart utilizza i termini "propriocezione" e "cinestesia" per indicare il complesso delle sensazioni articolari.

Con questa definizione, che di per sé può sembrare generica , lo studioso limita al massimo le incomprensioni che riguardano la terminologia con cui ci si riferisce ai complessi e, in parte ancora sconosciuti, meccanismi alla base della sensibilità propriocettiva.

Nel 1980, Mountcastle e Willis, in modo più articolato definivano propriocezione la consapevolezza della posizione della gamba e cinestesia la consapevolezza del movimento articolare.

Già un secolo prima, Bastian indica con il termine "meccanismi cinestesici" il complesso di sensazioni, incluse quelle nelle quali non si palesa movimento.

Sherrington nel 1906 utilizza il termine "propriocezione" parlando di tutte quelle sensazioni - vestibolari , muscolari e articolari - che non vengono necessariamente percepite.

Beard et al. affermano che la propriocezione è data da tre componenti: la consapevolezza della posizione articolare, la capacità di rilevare il movimento e le accelerazioni, la presenza dell'arco riflesso che si origina in seguito agli impulsi nervosi generati dai recettori e che è di importanza fondamentale per la regolazione del tono muscolare.

Recentemente, si è definita "propriocezione" una specializzata modificazione della sensibilità tattile che comprende la sensazione della posizione (Joint Position Sense) e del movimento (Cinestesia).

Da un punto di vista funzionale, la sensazione della posizione si "misura" verificando nel soggetto la capacità di riprodurre un posizionamento passivo o attivo dell' arto, mentre la cinestesia determinando la soglia di movimento passivo ,al di sotto della quale il paziente non percepisce variazioni angolari del segmento corporeo nello spazio.

Si pensa che un movimento passivo, compiuto a bassa velocità (tra 0,5 e 2,5 gradi/secondo) stimoli selettivamente i corpuscoli slow-adapting di Ruffini e Golgi, mentre i fusi neuromuscolari, benchè siano anch'essi recettori a lento adattamento, siano interessati solo in minima parte, non essendo il movimento attivo.

Come abbiamo già avuto modo di dire, alle capsule articolari e ai legamenti giungono numerose fibre nervose, le cui terminazioni (meccanorecettori) sono stimolati selettivamente dalla posizione e/o dal movimento prodotto all'articolazione.

Gli impulsi provenienti da essi innescano l'arco riflesso spinale il cui effetto principale sembra essere quello di stabilizzare l'articolazione da cui si è originato,

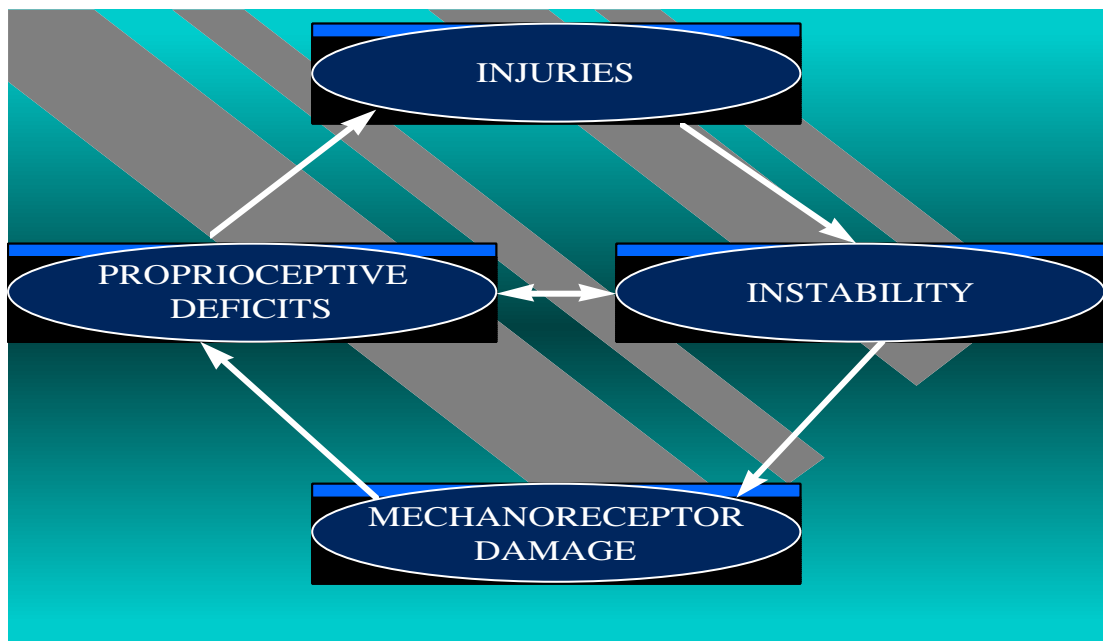
generando una appropriata risposta motoria dei muscoli direttamente coinvolti e di quelli vicini (Freeman and Wyke, 1964).

Aggiungiamo inoltre che l'arco riflesso che trae origine dai meccanorecettori è più veloce di quello generato dai nocicettori (70m/sec contro 1m/sec), e quindi riveste un notevole ruolo nel proteggere il piede dalle lesioni articolari e nel garantirne l'adattabilità.

Dato che le fibre nervose articolari sono direttamente collegate a capsule e legamenti e hanno una capacità di allungamento inferiore alle fibre collagene, sembra naturale che un'eccessiva forza di trazione applicata a questi compartimenti comporti la loro rottura, nello stesso modo in cui lacera le fibre collagene.

Non è quindi scorretto dire che una lesione ad una articolazione possa portare ad una parziale deafferenziazione, e che questa possa interferire con i meccanismi riflessi.

E' così che Freeman ipotizza la nascita di un pericoloso loop autogenerativo, nel senso che un'articolazione che, per cause accidentali o congenite, abbia subito una lesione, è più predisposta, data la deficienza dei meccanismi di protezione riflessi, ad una ricaduta o ad instabilità croniche.



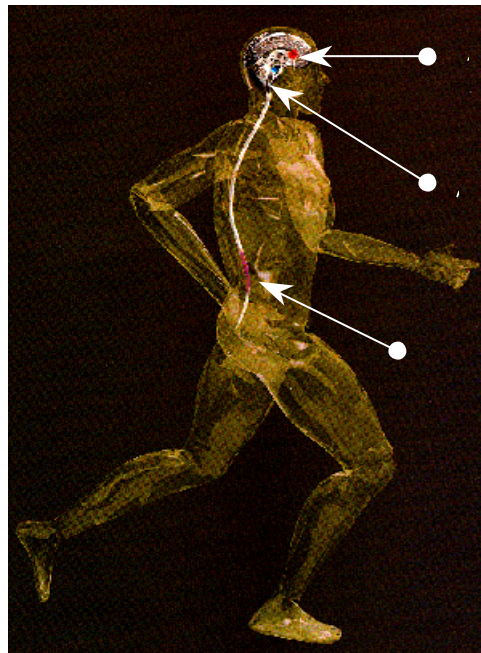
Ciò direttamente provoca anche insufficienza o errori nelle informazioni della sensibilità propriocettiva che raggiungono i centri corticali e, di conseguenza, modificazione nelle sensazioni percepite coscientemente e risposte motorie non adeguate alla reale situazione dell'articolazione.

A supportare le tesi di Freeman, si aggiungono poi gli studi condotti da Konradsen che esaminò tramite elettromiografia il tempo di reazione del peroneo lungo, in seguito ad un inaspettato movimento di inversione della caviglia e affermò che la risposta motoria ritardata che riscontrava nei soggetti con lesioni articolari poteva essere dovuta ad una parziale deafferenziazione del riflesso di stabilizzazione.

Garn e Newton studiarono la capacità di un soggetto di sentire correttamente una posizione o un movimento del piede nel piano sagittale e notarono una minor consapevolezza (awareness) nei pazienti con distorsione di caviglia.

Similmente, Glenn Cross e Thorton testarono la capacità di riprodurre un posizionamento passivo del piede nel piano sagittale e i risultati non si discostarono da quelli ottenuti da Garn e Newton.

Le afferenze provenienti dai meccanorecettori, come abbiamo già detto, originano un arco riflesso che è alla base dei meccanismi di protezione messi in atto a livello spinale (non sono cioè innescati dalla volontà), giungono al tronco cerebrale e contribuiscono insieme alle afferenze provenienti da altri organi di senso (visione, sistema vestibolare) a determinare postura ed equilibrio; a livello della corteccia motoria, del cervelletto e dei gangli della base, sono oggetto di elaborazioni superiori e sono in parte responsabili delle nostre sensazioni coscienti che riguardano la posizione e i movimenti dei nostri segmenti corporei nello spazio.



L'obiettivo della riabilitazione propriocettiva, che deve affiancare le altre tipologie di recupero funzionale, è quindi quello di stimolare i propriocettori ad incrementare le loro afferenze al sistema nervoso centrale nei suoi tre livelli.

Numerosi studi compiuti su soggetti con distorsione di caviglia e seguiti, parte con le normali tecniche di riabilitazione (immobilizzazione tramite bendaggi, movimenti contro resistenza, esercizi di stabilizzazione e recupero del cammino) e parte **anche** con un programma mirato di coordinazione motoria, hanno reso evidente come nei pazienti, per cui il trattamento era stato completo, la residua instabilità funzionale e il deficit propriocettivo (alterazione del senso della posizione e del movimento) potevano essere decisamente migliorati. (freeman, etiology)

Riferendosi al piede, Perfetti afferma: "La patologia, di qualsiasi natura essa sia, agisce non distruggendo del tutto la funzione (di sostegno, spinta, ammortizzamento), ma riducendone l'adattabilità".

E continua: "...compito dell'esercizio terapeutico" è "il pieno recupero del piede come struttura informativa. Questo significa "che" all'interno dell'esercizio terapeutico esso (il piede) deve essere impegnato in compiti conoscitivi".

La riabilitazione propriocettiva deve quindi, in rispetto delle molteplici funzioni del piede, essere parte integrante di un programma di rieducazione che contribuisca a riattivare i circuiti di conoscenza stimolo/risposta.

APPLICAZIONI

Le distorsioni sono le più comuni tra le lesioni del piede, sia nei soggetti allenati, sia nelle persone che conducono una normale attività fisica.

Anche se, nella maggior parte dei casi, non hanno gravi conseguenze, le distorsioni spesso comportano croniche instabilità e la tipica sensazione di "giving away" (andar via, cedere).

Per distorsione si intende l'insieme delle lesioni capsulo-legamentose, che si instaurano in seguito ad un'azione traumatica che ipersolleciti un distretto articolare in modo tale da determinare un'escursione abnorme, superiore ai limiti fisiologici.

La caviglia, essendo una delle articolazioni più mobili che l'uomo possiede, è più soggetta a questi tipi di lesione, a cui si può essere predisposti a causa di uno stato di lassità articolare o di ipotrofia muscolare.

Il meccanismo che innesca una distorsione è frequentemente un'inversione forzata: la forza esterna applicata stira al di sopra delle loro possibilità di allungamento i legamenti laterale e sottolare che, in condizioni normali, insieme all'attività dei muscoli eversori, come il peroneo lungo, proteggono il piede da esagerati movimenti nella direzione dell'inversione.

Nelle distorsioni lievi, il danno articolare può limitarsi alla sola contusione della capsula articolare, mentre nelle forme più gravi si possono verificare lacerazioni capsulari e lesioni legamentose.

I legamenti in questi casi, possono venire solo stirati (distensione), ma non oltre il loro punto di rottura, per cui la stabilità articolare è mantenuta; lacerati parzialmente (distrazioni) con riduzione dell'efficienza stabilizzatrice; o rotti, caso in cui la soluzione di continuo è totale e la stabilità articolare gravemente compromessa.

Il quadro clinico di una distorsione è in genere caratterizzato da:

- intenso dolore localizzato, aggravato dalle escursioni articolari
- dolorabilità delle strutture legamentose colpite
- tumefazione articolare con versamenti sierosi e/o ematici
- instabilità articolare
- impotenza funzionale.

In ogni caso, è necessario intervenire precocemente, con un programma riabilitativo che rispetti i tempi fisiologici di recupero della lesione.

Sia che si tratti di una distorsione lieve o grave, l'elemento fondamentale del trattamento, che segue la crioterapia locale, consiste nel mettere a riposo l'articolazione colpita, per permettere il recedere dell'infiammazione e del dolore, tramite bendaggi elastici, semirigidi o gessi.

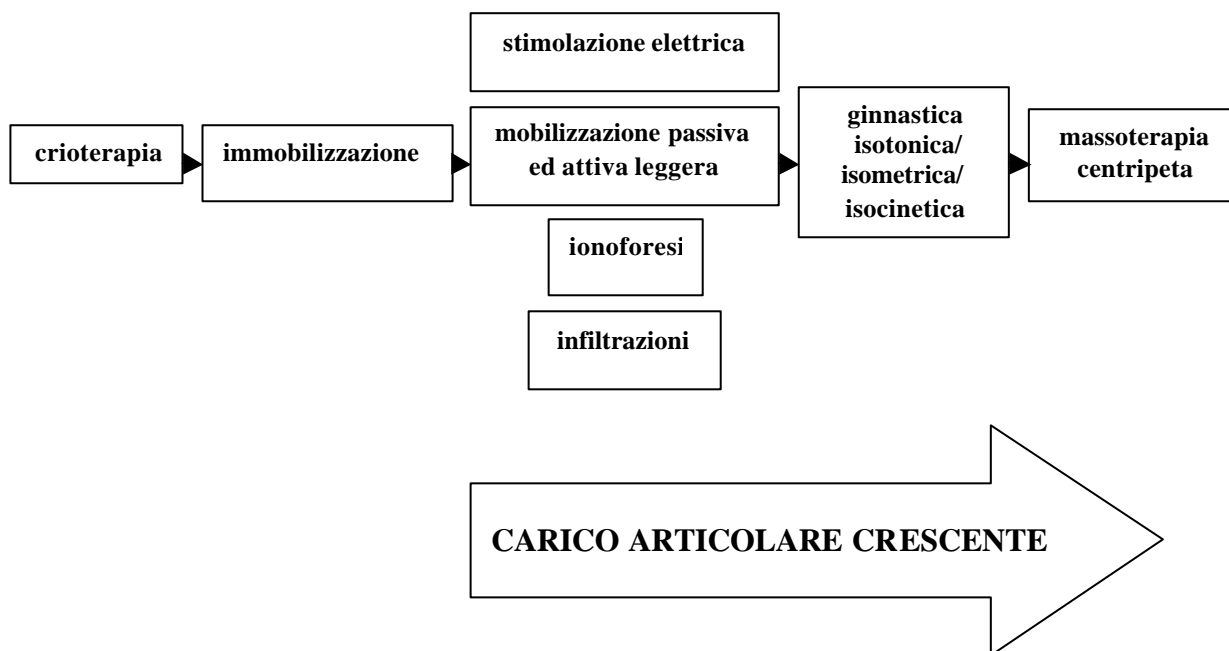
L'unica variabile che cambia in questa prima fase è il tempo di mobilizzazione e scarico dell'articolazione.

Nelle distorsioni gravi, ove si sono verificate importanti lesioni capsulo-legamentose, può trovare indicazione il trattamento chirurgico che, ovviamente, comporta la dilatazione fino a 2 mesi dei tempi di recupero.

Come tutti sanno, l'immobilizzazione, benchè utile nella fase acuta, ha importanti conseguenze sulla mobilità articolare, sul tono muscolare e sulle capacità di coordinazione dei movimenti fini.

Obiettivo della fase post-immobilizzazione è quindi il recupero della forza muscolare e della funzionalità tramite un programma mirato di fisioterapia, a cui possono venire associati, a seconda dei casi, trattamenti di ionoforesi, infiltrazioni e stimolazioni elettriche.

La fisioterapia include, come primo step, mobilizzazioni passive e attive leggere il cui limite viene fissato alla soglia del dolore; successivamente massoterapia centripeta e allenamento allo sforzo muscolare (ginnastica isocinetica/isotonica/isometrica) con carico articolare crescente.



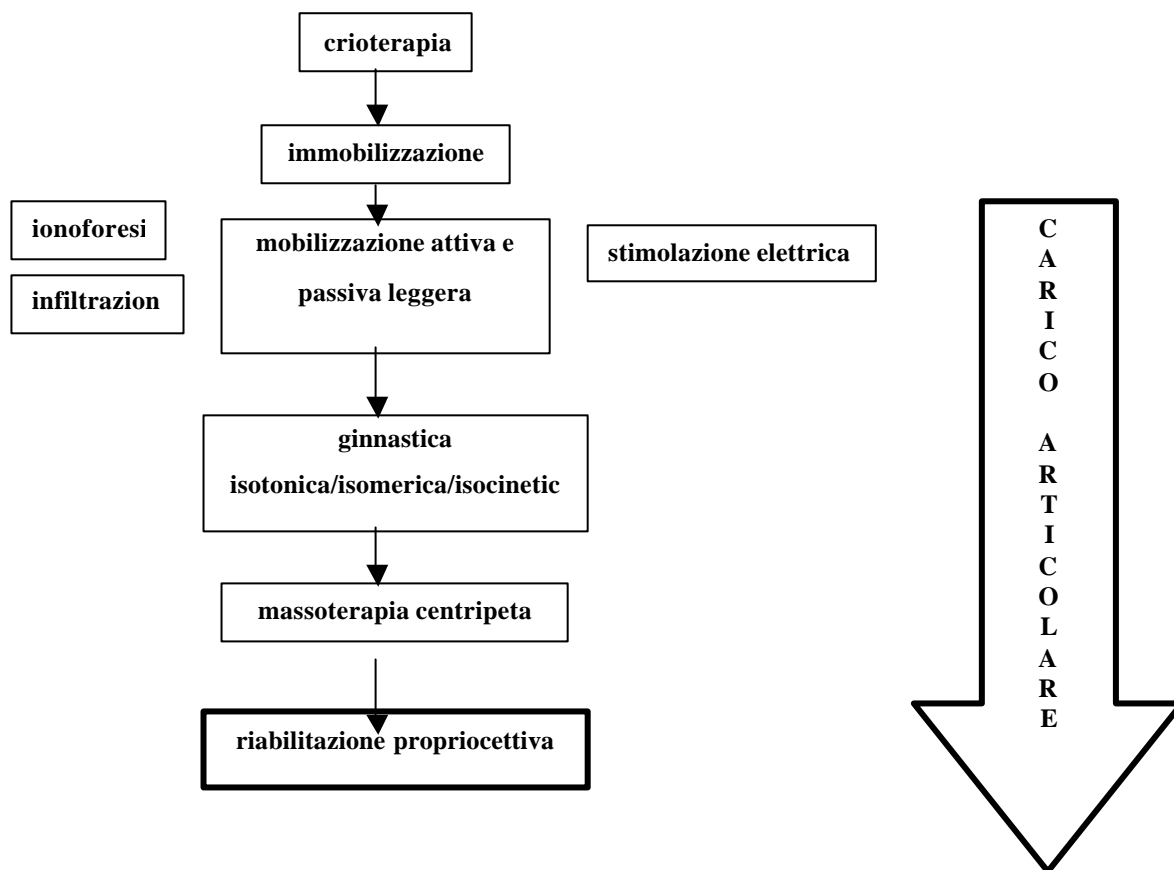
Fino a non molto tempo fa, la fase riabilitativa terminava allorquando il paziente aveva recuperato la funzionalità in modo tale da poter svolgere le attività che la sua vita richiedeva (ovvio che il recupero per una massaia è ben diverso dal recupero di un atleta dei 100 metri).

Ora la riabilitazione propriocettiva comincia ad essere considerata un elemento irrinunciabile del trattamento post-traumatico, non solo per le distorsioni, ma anche per tutte le altre tipologie di lesioni in cui fibrosi, contratture, versamenti di sangue o interruzioni delle vie nervose hanno annullato o diminuito le afferenze dei propriocettori articolari.

Tramite la riabilitazione propriocettiva, si cerca di riattivare i meccanismi riflessi che proteggono l'articolazione da nuove lesioni, di migliorare la coordinazione, di recuperare l'abilità nei movimenti fini

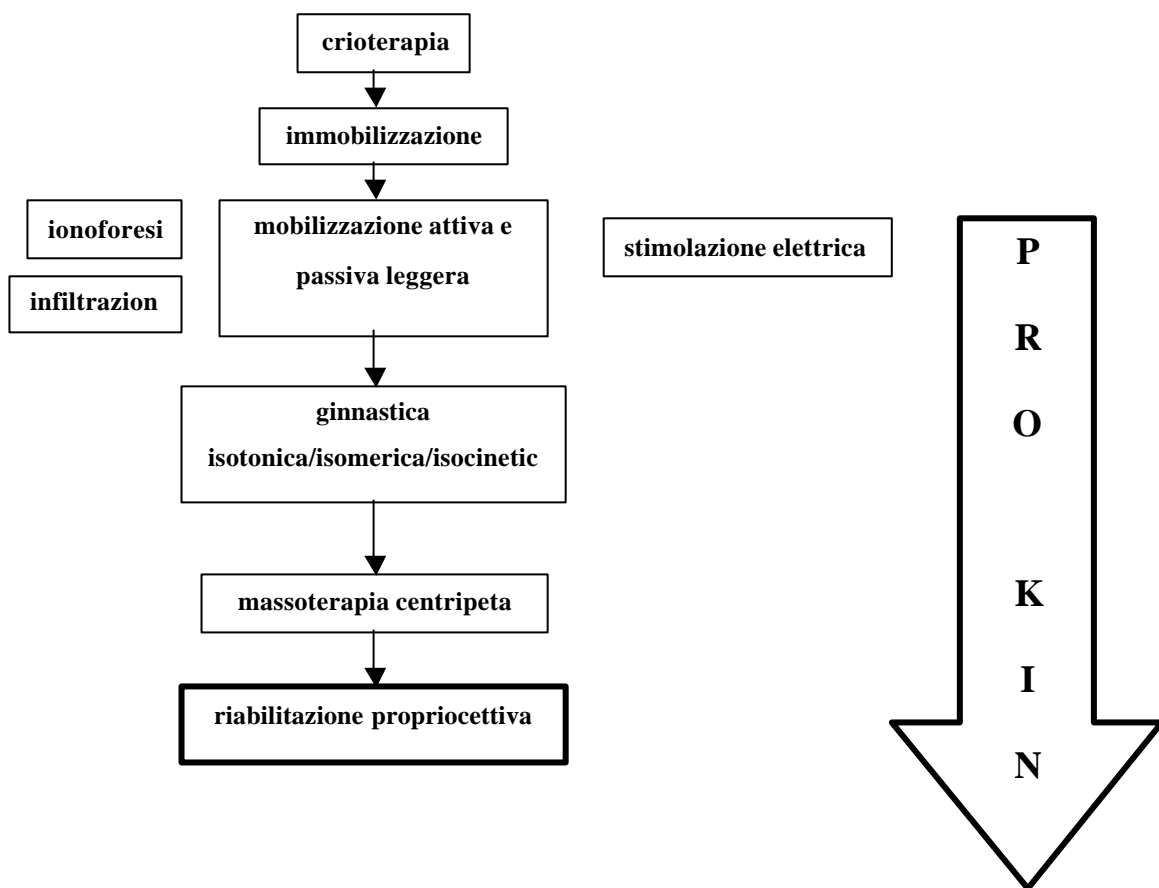
Tutto ciò significa restituire al piede la sua caratteristica più importante: l'adattabilità.

Riprendendo lo schema disegnato sopra, possiamo immaginare di aggiungere il blocco della riabilitazione propriocettiva (tavoletta di Freeman) come ultimo stadio del trattamento, perché si presume che il paziente possa compiere i movimenti richiesti senza dolore e con le minime limitazioni articolari.



L'INNOVAZIONE DI PRO-KIN

Pro-Kin nasce dalla tavoletta propriocettiva di Freeman, ma si inserisce nel percorso riabilitativo non solo come ultimo step del recupero funzionale, ma è anche, grazie alle soluzioni tecnologiche adottate, uno strumento che accompagna paziente e operatore lungo tutto il trattamento, affiancandosi alle metodiche tradizionali, già indicate nello schema.



Le ragioni di questa specificità sono chiare:

?? la presenza delle celle di carico poste in corrispondenza dei 2 assi principali (S1-S5 e S3-S7) permette di controllare il carico che viene applicato sulla pedana e , da una parte impedisce che il paziente, durante l' esercizio, sovrasolleci le sue strutture articolari (soprattutto nelle prime fasi della riabilitazione) e dall'altra

agevola il recupero della funzionalità, quando, nelle ultime sedute, vengono previsti esercizi da eseguire al 100% del peso corporeo.

?? gli ammortizzatori permettono di regolare la resistenza della pedana ad un certo movimento, sollecitando in maniera più o meno marcata un particolare distretto muscolare.

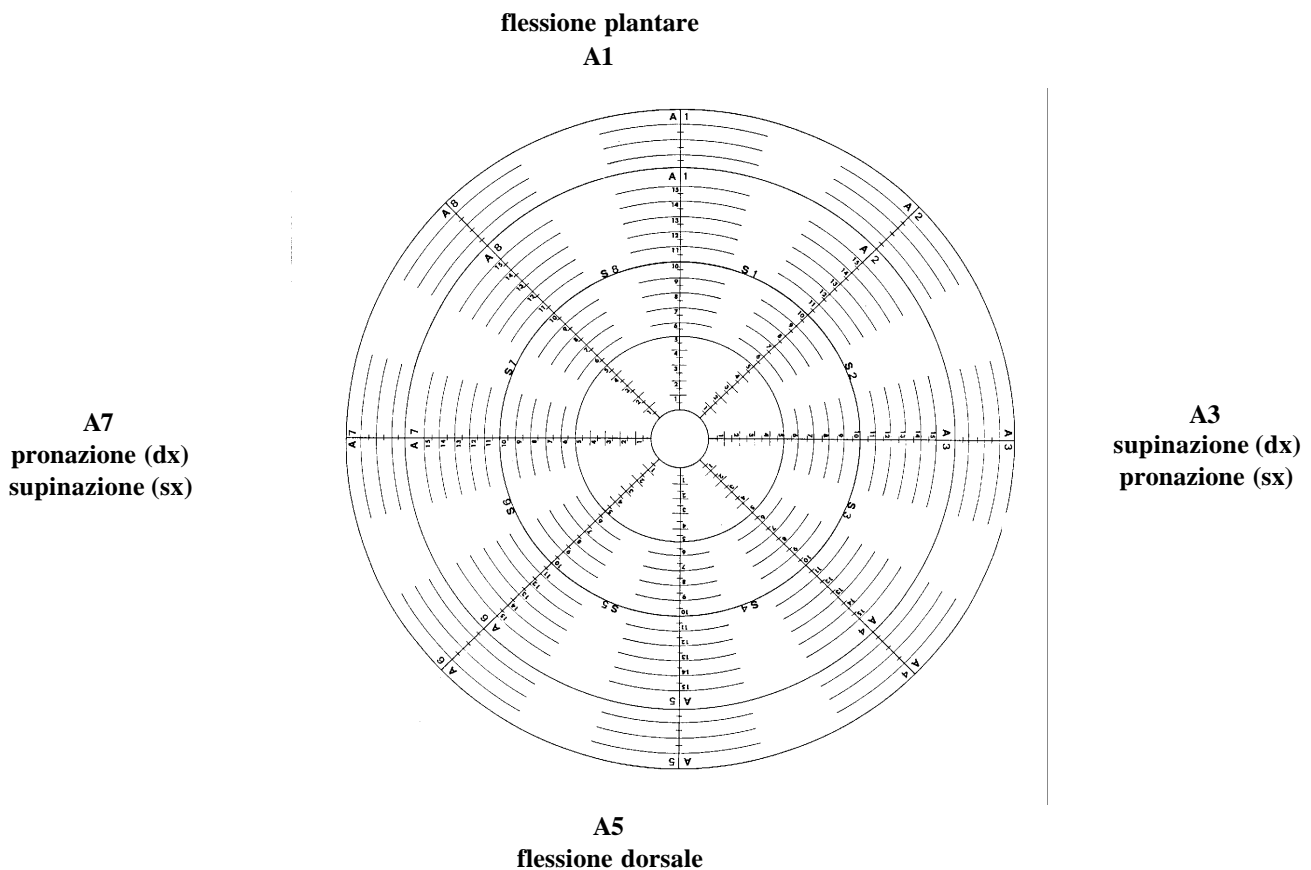
La regolazione del carico e della resistenza sono due variabili che vanno ad interagire con il movimento compiuto dal paziente, così come, nella vita di tutti i giorni, l'azione del cammino non può prescindere dal peso del soggetto scaricato sulle articolazioni e dalle condizioni del terreno.

E' ovvio, però, che il recupero della funzionalità comincia con il recupero del movimento, che a sua volta deve rispettare il recupero fisiologico nella ricostituzione dei tessuti osteoarticolari, nel riassorbimento degli ematomi etc... .

Come avrete già modo di osservare, la disposizione degli assi serigrafati sulla superficie di Pro-Kin riprende alcuni movimenti che il piede, in virtù della sua complessa ma funzionale struttura, in condizioni normali, compie senza difficoltà.

L'asse antero-posteriore A1-A5 semplifica il movimento di flessione-estensione della caviglia;

l'asse destra-sinistra A3-A7 ricalca il movimento di prono-supinazione per il piede sinistro o supino-pronazione per il piede destro.



L'allenamento di tipo trofico, che deve essere inserito nel programma di riabilitazione post-trauma, nella preparazione atletica o nel semplice esercizio preventivo, è un'

applicazione che mostra la duttilità d'utilizzo della pedana e chiarisce il concetto ora espresso.

Quando, per esempio, blocchiamo l'oscillazione sull'asse della prono-supinazione e, imponiamo, tramite gli ammortizzatori, una maggiore resistenza nella direzione anteriore, possiamo allenare i muscoli che realizzano la flessione plantare.

E' possibile impostare questo tipo di esercizio in tutte e quattro le direzioni principali. L'escursione angolare massima che la pedana realizza in tutti settori è compresa tra 0° e 15° gradi (le circonferenze serigrafate sulla pedana indicano rispettivamente il limite di 5°, 10° e 15°).

Ciò può non corrispondere ad esattamente 15° di flessione-estensione e prono-supinazione del piede, in quanto bisogna tener conto dei possibili compensi che il paziente potrebbe attuare a livello delle articolazioni più prossimali:

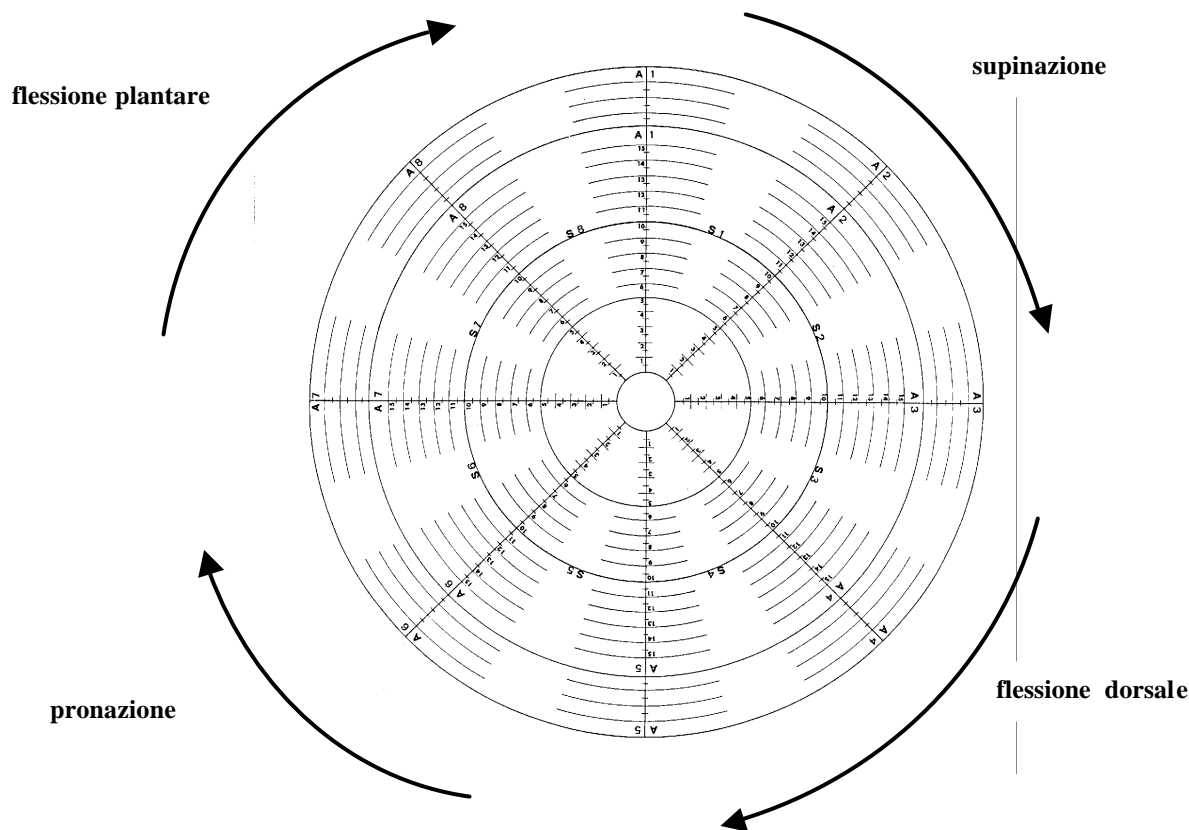
è compito del terapeuta valutare se tali compensi sono tollerabili in quanto funzionali al recupero della lesione o se devono essere controllati, perché vanno ad intaccare le finalità dell'esercizio previsto.

Partendo da una posizione di flessione plantare del piede destro, spostandosi in senso orario, si avrà un aumento della componente in supinazione e una diminuzione fino alla scomparsa della componente in flessione.

Nel settore compreso tra A3 e A5, andrà decrescendo la componente in supinazione a favore di quella in flessione dorsale che a sua volta diminuirà nel settore A5-A7, man mano che aumenta la componente in pronazione.

Tra l'asse A7 e A1 si ristabiliranno le condizioni di partenza.

Il contrario avverrà se il piede in esame è il sinistro.



La pedana permette, così, al piede di compiere movimenti compresi tra 0° e 15° sull'asse antero-posteriore e destro-sinistro e secondo tutte le altre direzioni intermedie.

La novità più importante del sistema Pro-Kin è quella di poter creare dei Tracciati Riabilitativi che, senza fraintendimenti da parte del paziente, indichino esattamente il movimento da compiere e rispettino le finalità del programma riabilitativo. Nella pagine seguenti illustreremo differenti tipi di esercizi che possono essere utilizzati per la riabilitazione del piede e per il controllo della postura del tronco.