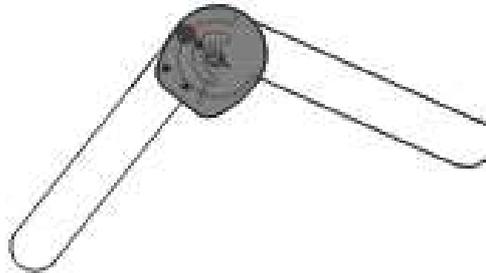


Pellis G.

### Valutatore roto-traslatorio del ginocchio

XXI Congresso Internazionale di Riabilitazione Sportiva e Traumatologia – Londra 2012



Il movimento di flessione del ginocchio avviene per i primi 30° secondo una traiettoria circolare attorno ad un centro fisso e successivamente (fino a 135°) prosegue con una fase di roto-traslazione contraddistinta da una progressiva diminuzione della distanza tra il centro istantaneo di rotazione e la superficie articolare.

Non si può, però, non considerare un ulteriore movimento associato alla roto-traslazione, ovvero la rotazione automatica longitudinale della tibia, quale conseguenza della diversa conformazione dei condili femorali rispettivamente del comparto esterno e di quello interno.

Più precisamente seppur mantenendo la roto-traslazione come moto di riferimento, quest'ultima assume valori diversi a seconda del comparto considerato (Fig. 1)

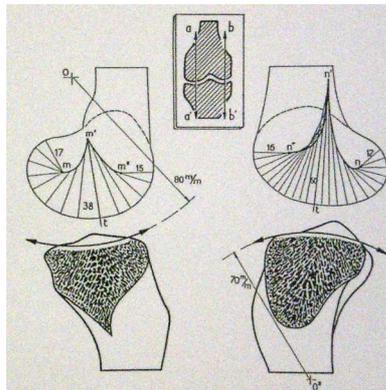
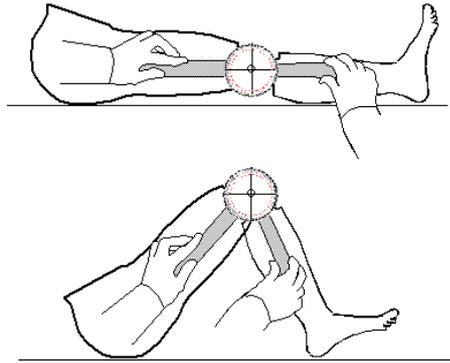


Fig. 1

E' sul piano antero-posteriore che comunque avviene la maggiore escursione del movimento e che porta a considerare che tutti i risultati sperimentali ricavati sul piano antero-posteriore sono da considerarsi una "media" della traiettoria del comparto interno e di quello esterno.

Seppur il moto roto-traslatorio del ginocchio era noto fin dai primi studi effettuati (ed il primo modello proposto da Roud è datato 1913), il sistema di valutazione è sempre stato quello goniometrico limitato ad una misura circolare (Fig. 2) e non tiene conto della traslazione lineare che inevitabilmente comporta, dopo i 30° con uno scivolamento tra strumento ed arto. Infatti, qualora si tenga fisso lo strumento alla coscia il braccio distale del goniometro si muove rispetto alla gamba; qualora si tenga fisso lo strumento alla gamba è il braccio prossimale che si muove rispetto alla coscia.

Ciò fa sì che il goniometro non è in grado di garantire che tutti i punti di contatto restino costanti dall'inizio alla fine della valutazione, facendo venir meno la caratteristica principale alla quale deve corrispondere un dispositivo di valutazione.

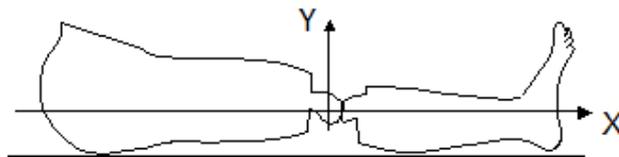


### Il nuovo strumento di valutazione del ginocchio

Per una corretta valutazione del moto roto-traslatorio del ginocchio, quindi, è indispensabile che il dispositivo riproduca le stesse caratteristiche del moto con una attinente scala di riferimento.

Per rendere più esplicito quanto sopra riportato è indispensabile considerare l'arto inferiore con la gamba in linea con la coscia il cui asse longitudinale è corrispondente all'asse X ed intersecato ortogonalmente dall'asse Y che passa per il centro iniziale di rotazione del ginocchio.

Anatomicamente l'asse Y taglia orizzontalmente il condilo femorale (fig. 3).



Volendo descrivere il progressivo spostamento dell'asse di rotazione del ginocchio, stabilito che  $R_a$  è il primo raggio di rotazione che giace sull'asse Y (Fig. 4), la traiettoria di flessione-estensione della gamba sulla coscia può essere analiticamente definita:

per  $\alpha < 30^\circ$  il movimento del ginocchio si può descrivere come un sistema rigido che ruota attorno ad un centro fisso (centro iniziale di rotazione): la traiettoria eseguita dal punto P (quale estremità distale del raggio  $R_a$ ) ha come equazione quella di una circonferenza  $X^2 + Y^2 = R_a^2$ ;

per  $30^\circ \leq \alpha < 135^\circ$ , il centro di rotazione si sposta verso la superficie articolare di una quantità pari a  $\Delta_x$ .

Le nuove coordinate del punto P diventano:

$$X1 = X + \Delta_x$$

$$Y1 = Y + \Delta_y$$

L'equazione del centro di rotazione del ginocchio (centro istantaneo di rotazione) risulta essere:

$$X1^2 + Y1^2 = R_b^2$$

dove  $R_b$  è il vero raggio di rotazione che cambia con il mutare di  $\alpha$ , con  $R_b < R_a$ .

Quando  $\alpha$  è l'angolo tra l'asse X ed il raggio di rotazione, i valori di X, X1, Y e Y1 possono essere così ottenuti:

$$X = R_a \sin \alpha$$

$$Y = R_a \cos \alpha$$

$$X1 = R_b \sin \alpha$$

$$Y1 = R_b \cos \alpha$$

Quindi per un dato valore di  $\alpha$  compreso tra i  $30^\circ$  e  $135^\circ$  la posizione del centro istantaneo di rotazione può essere calcolata:

$$\Delta_x = X_1 - X = (R_a - R_b) \text{ sen } \alpha$$

Dai 30° di flessione in poi (fino a 135°) il centro di rotazione, posto inizialmente nell'origine del sistema di riferimento, scivola verticalmente verso la superficie articolare lungo l'asse X di una quantità pari a  $\Delta_x$ . Il raggio  $R_a$  resta invariato nella sua lunghezza e trascina il punto P su una traiettoria a spirale rientrante verso il centro.

Questo determina che la distanza tra P e l'origine del sistema di riferimento X-Y si riduce ( $R_b$ ) (Fig. 4<sup>nota</sup>).

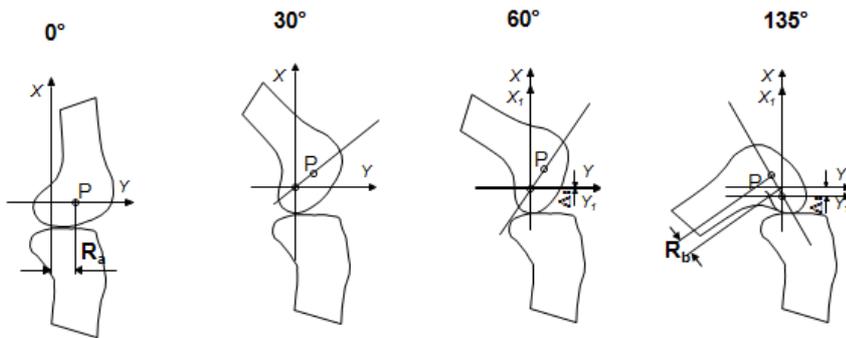


Fig. 4<sup>nota</sup> - L'analisi riportata in figura è stata effettuata mantenendo l'asse X quale prolungamento dell'asse longitudinale della coscia in linea con quello della gamba.

Dopo i 30°, quindi,  $R_b$  la cui prima estremità è sempre imperniata nell'origine del sistema di riferimento X, Y al mutare di  $\alpha$  assumerà valori angolari diversi di quelli di  $R_a$  che resta l'effettivo raggio di rotazione del ginocchio (Fig. 5).

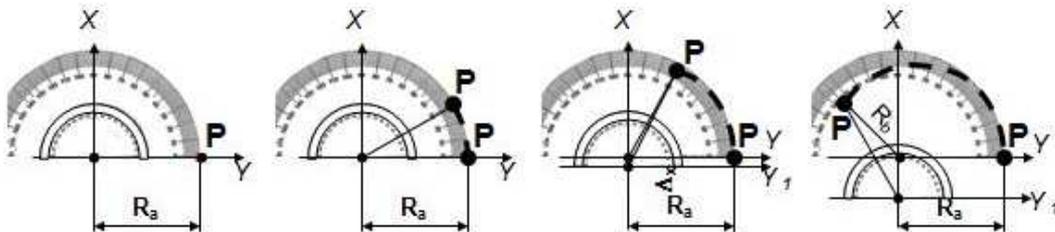


Fig. 5

### La nuova unità di riferimento - l'entità roto-traslatoria

Nel moto roto-traslatorio il punto P segue una curva con un andamento a spirale rientrante verso il centro, mentre l'altra estremità del raggio  $R_a$  scivola lungo l'asse X.

Ciò comporta che la scala per la valutazione dell'angolo reale del ginocchio inteso come ribaltamento dell'asse Y deve essere costruita in funzione del diverso movimento delle due estremità del raggio  $R_a$ .

La suddivisione in tacche sulla scala graduata angolare non è più regolare come in un usuale goniometro ma presenta, oltre i 30°, una suddivisione modificata in funzione della traslazione assiale.

Infatti, considerato che l'estremità P del raggio  $R_a$  varia secondo i seguenti valori:

$$Y_1 = y$$

$$X_1 = R_a \text{ sen } \alpha - \Delta_x$$

ed osservando due diverse letture sulla scala (corrispondenti ad angoli diversi ed a diversi  $\Delta_x$  sperimentali in valori progressivi) si ha:

$$X_{1_1} = R_a \text{ sen } \alpha_1 - \Delta_{x_1}$$

$$X_{2_1} = R_a \text{ sen } \alpha_2 - \Delta_{x_2}$$

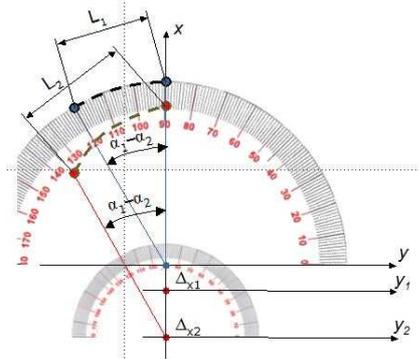
da cui

$$X_{1_1}-X_{2_1}=Ra (\text{sen } \alpha_1 - \text{sen } \alpha_2)-(\Delta_{x1}-\Delta_{x2}).$$

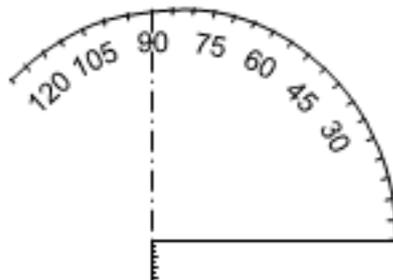
Da tale relazione si ricava che la differenza aumenta poiché  $(\Delta_{x1}-\Delta_{x2})$  si sviluppa in verso discorde all'asse X con conseguente aumento della distanza tra due punti successivi di lettura sulla scala graduata angolare (Fig. 6).

Pare importante precisare che a  $90^\circ$  la perpendicolarità è perfettamente corrispondente nei due sistemi pur risultando nella nuova scala graduata una precisa entità dello scivolamento  $\Delta_x$ .

Dopo i  $90^\circ$  la variazione della distanza tra le tacche  $(L_2-L_1)$  diventa sempre più importante.

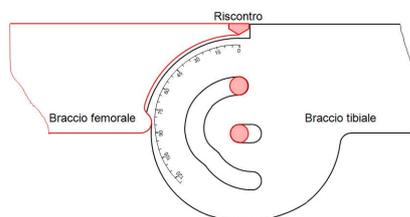


La nuova scala graduata, quindi, è stata costruita



### Descrizione meccanica strumento

Il valutatore roto-traslatorio è composto da due bracci uno femorale ed uno tibiale. La parte distale del braccio femorale possiede due perni (che riproducono i punti estremi del raggio Ra che giace sull'asse Y) ognuno dei quali si articola con due aperture presenti nella parte prossimale del braccio tibiale.



Tali aperture sono conformate in maniera diversa: una lineare che ha la funzione di seguire l'istantaneità dello spostamento del centro di rotazione durante la flessione dai  $30^\circ$  in poi (permettendo lo scivolamento verticale di una estremità di Ra).

L'altra ha una forma circolare per i primi  $30^\circ$  e successivamente assume una forma a spirale che rientra verso il centro, nella quale scorre il perno che rappresenta il secondo estremo del raggio Ra.

Il sistema di perni ed asole compone un sistema articolato che nella flessione estensione determina, dopo i 30° una movimentazione roto-traslatoria.

La nuova scala di misura, viene quindi posizionata sul braccio tibiale con l'origine nel centro iniziale di rotazione.

Il braccio femorale ha un "riscontro" che corrisponde al riferimento 0° della nuova scala roto-traslatoria quando l'asse di simmetria del braccio femorale e di quello tibiale sono coassiali.

### **Conclusioni**

Il valutatore abbina la movimentazione fisiologica del ginocchio con una nuova scala di riferimento costituita non su ripartizione goniometrica, ma roto-traslatoria che tiene conto del grado di flessione raggiunto in funzione dello spostamento istantaneo del centro di rotazione verso i piani articolari.

Ciò consente allo strumento, posto a contatto con la coscia e la gamba, di restare perfettamente a contatto senza scivolare ovvero mantenendo costanti i punti di contatto dall'inizio alla fine della valutazione garantendone la ripetibilità della misura.