

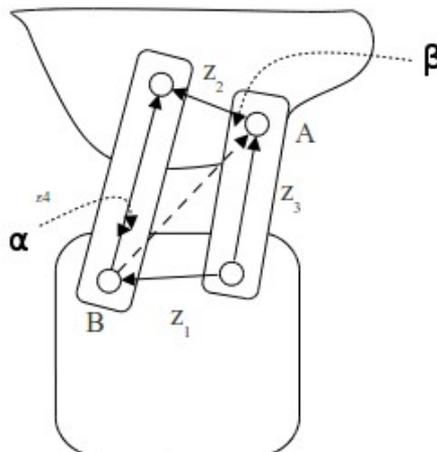
## Applicazione dello studio della cinematica dei meccanismi a casi concreti

### Studio cinematico di protesi policentriche a 4-link

Queste protesi sono utilizzate per sostituire parzialmente la funzionalità persa del ginocchio per quanto riguarda la deambulazione. Nella figura sottostante sono rappresentati due modelli. L'articolazione avviene attraverso un quadrilatero articolato composto da 4 coppie rotoidali.



Per l'analisi cinematica consideriamo la seguente figura



Per effettuare l'analisi cinematica, possiamo immaginare la parte sottostante della protesi essere il telaio del meccanismo, per cui  $z_1$  è fisso a telaio. I dati geometrici sono le lunghezze di tutti i lati  $z_1, z_2, z_3$  e  $z_4$ . Anche la posizione angolare di  $z_1$  è un dato del problema poiché dipende dalla geometria della protesi. Consideriamo come coordinata indipendente l'angolo  $\beta$ . Per cui il punto A vale

$$A = z_3 \begin{Bmatrix} \cos(\varphi_3) \\ \sin(\varphi_3) \end{Bmatrix}$$

A questo punto, si lavora sulla diade di tipo RRR ricavando geometricamente (applicando il teorema di Carnot)

$$BA = \sqrt{(A_y - B_y)^2 + (A_x - B_x)^2}$$

$$\alpha = a \cos\left(\frac{z_4^2 + AB^2 - z_2^2}{2z_4AB}\right)$$

$$\beta = a \cos\left(\frac{z_2^2 + BA^2 - z_4^2}{2z_2BA}\right)$$

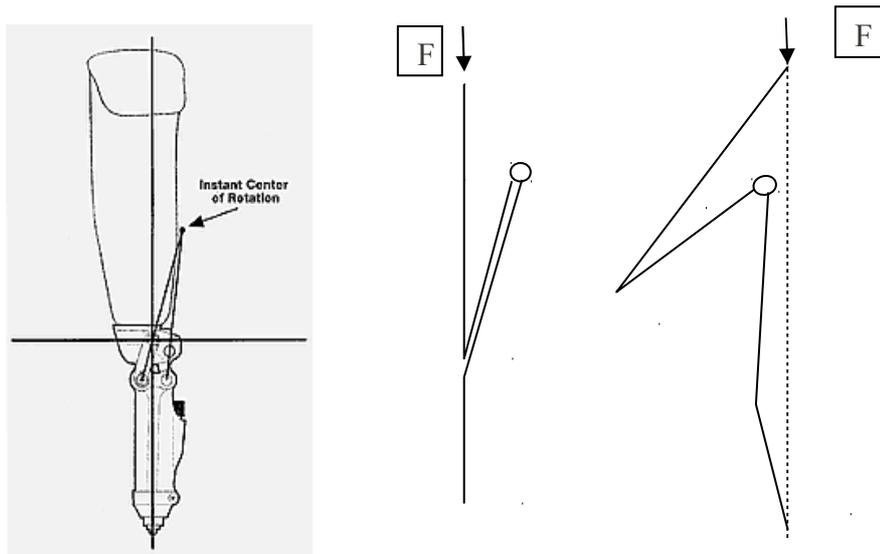
Conoscendo questi angoli, si completa facilmente l'analisi cinematica. Infatti

$$\phi_{BA} = a \tan 2(A_y - B_y, A_x - B_x)$$

$$\varphi_2 = \varphi_{BA} + \pi - \beta$$

$$\varphi_4 = \varphi_{BA} + \alpha$$

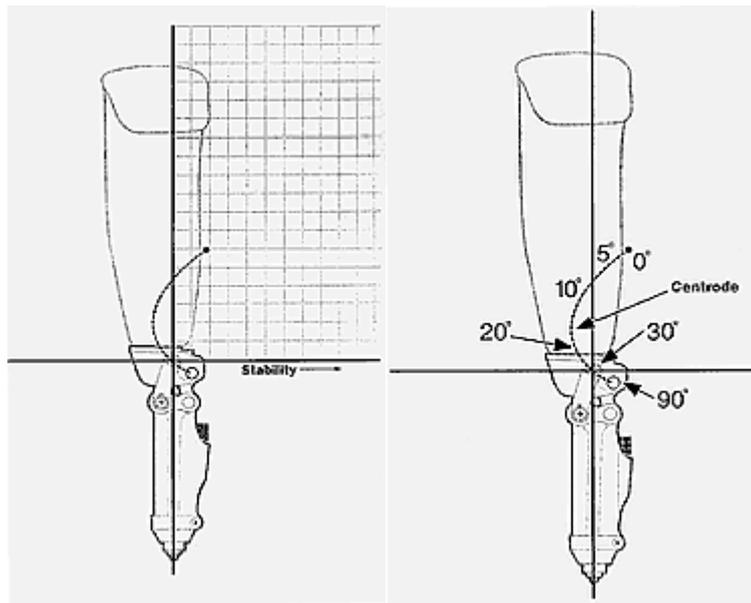
Ci si potrebbe chiedere come mai venga utilizzato un meccanismo del genere quando basterebbe un'unica coppia rotoidale per sostituire l'articolazione del ginocchio. Il motivo riguarda la stabilità dell'arto inferiore quando la persona è in posizione verticale. (vedi figura in basso a sinistra). Infatti il centro di istantanea rotazione arretra e si alza.



Perciò, quando l'arto è esteso, cinematicamente il meccanismo equivale al meccanismo nella posizione centrale in figura. Per cui il peso della persona tende a bloccare il cinematismo che andrà in battuta su di un fermo ammortizzato nella parte inferiore della protesi. Supponendo che il ginocchio sia piegato, quando la persona esercita una forza verticale, il meccanismo tende a ritornare nella posizione "chiusa"; il meccanismo manifesta quindi una certa stabilità nel senso che non permette al ginocchio di flettere quando il peso del corpo è caricato sulla protesi.

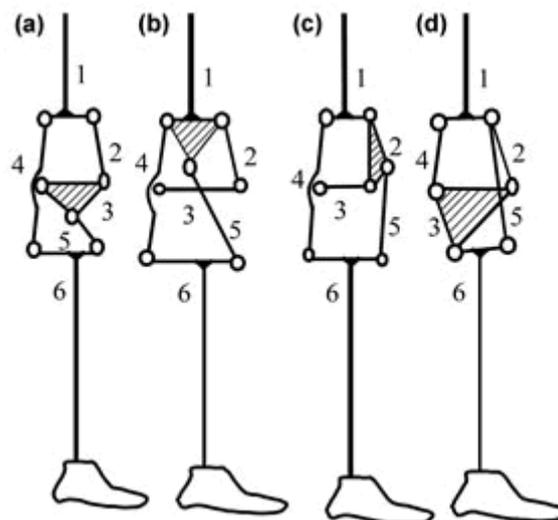
Il meccanismo si "aprirà", causando la caduta, solamente quando il ginocchio è talmente piegato che la coppia rotoidale si trova a sinistra della linea verticale che congiunge il piede al punto di applicazione del carico (vedi schema a sinistra).

In conclusione, tanto più il centro di istantanea rotazione retrocede rispetto alla posizione del ginocchio, tanto più il meccanismo sarà stabile in posizione estesa (vedi figura in basso a sinistra).



Ovviamente il centro di istantanea rotazione non rimane fisso. Quando la persona solleva la coscia, il CIR si sposta verso il basso ed in avanti. In figura sopra a destra sono rappresentati i luoghi dei punti del CIR in funzione della posizione angolare della coscia.

Esistono altre strutture cinematiche per protesi del ginocchio. A titolo di esempio, ne vengono presentate alcune nella figura che segue.

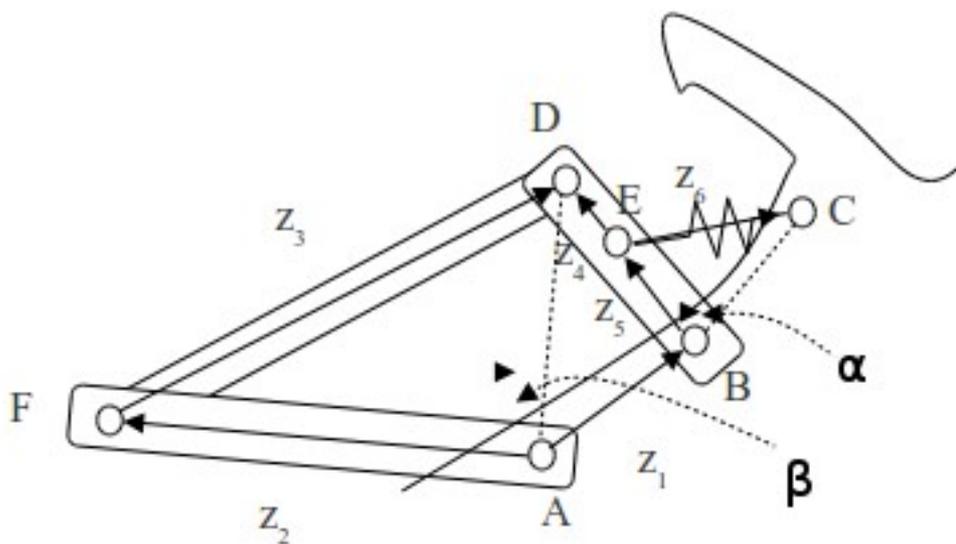


## Meccanismo articolato di sospensione posteriore per mountainbike.

Anche in questo caso si ha a che fare con un quadrilatero articolato, in cui è necessario ricavare il legame cinematico tra la corsa dell'ammortizzatore e la posizione angolare della forcella di sostegno della ruota posteriore



Il meccanismo cinematico equivalente è il seguente



Consideriamo come coordinata indipendente l'estensione dello smorzatore EC. Si potrebbero operare anche altre scelte come, ad esempio, considerare come coordinata indipendente, la posizione angolare della forcella AF.

Per prima cosa si risolve la diade di tipo RRR equivalente ai punti BEC.

$$\alpha = a \cos\left(\frac{z_5^2 + BC^2 - z_6^2}{2z_5 BC}\right)$$

Perciò la posizione angolare del membro BD è

$$\varphi_4 = \varphi_5 = \varphi_{BC} + \alpha$$

considerando che  $\varphi_{BC}$  è un dato del problema. Per cui il punto D ha coordinate

$$D = (z_5 + z_4) \begin{Bmatrix} \cos(\varphi_5) \\ \sin(\varphi_5) \end{Bmatrix}$$

se si pone il sistema di riferimento assoluto con origine nel punto B.

Lavorando sul triangolo FAD si ottiene

$$\beta = a \cos\left(\frac{z_2^2 + AD^2 - z_3^2}{2z_2 AD}\right)$$

dato che la lunghezza AB si determina facilmente.

Conoscendo le coordinate di D, si ottiene

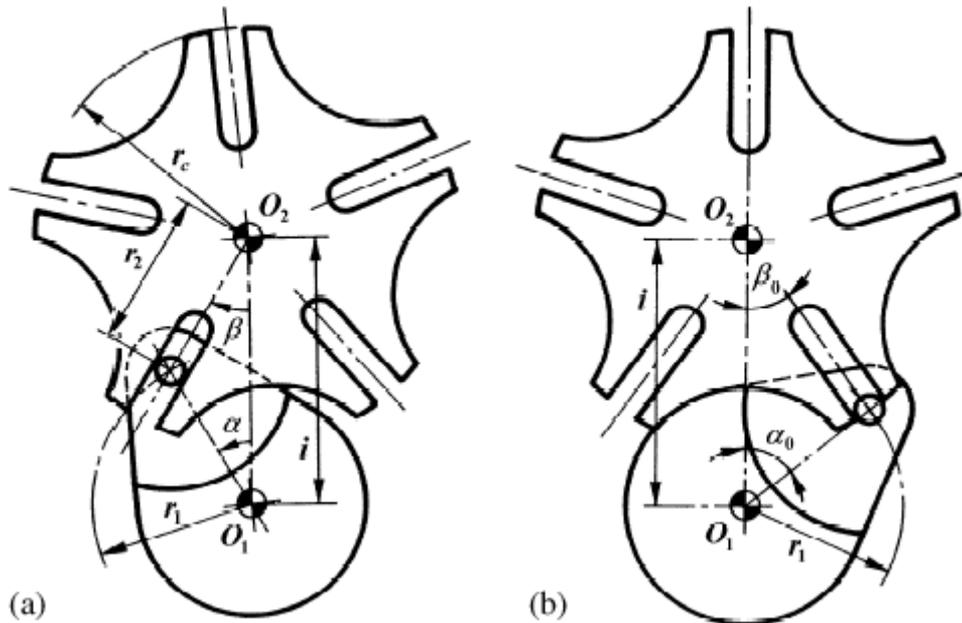
$$\varphi_{AD} = a \tan 2(D_y - A_y, D_x - A_x)$$

da cui il risultato finale

$$\varphi_2 = \varphi_{AD} + \beta$$

## Meccanismo ad intermittenza: Croce di Malta

Il meccanismo in figura è detto Croce di Malta esterna. Presenta la proprietà di trasformare un moto rotatorio in un moto intermittente. Per capirne il funzionamento ipotizziamo che la manovella in basso (figura b) ruoti in senso antiorario a velocità costante. Il perno della manovella entra nella scanalatura del cedente e trascina il membro soprastante che ruota in senso orario. Quest'ultimo, termina il movimento di rotazione quando il perno esce dalla scanalatura.



La cinematica del movimento, ossia il legame tra la manovella ed il cedente può essere studiato con la seguente schematizzazione



Il semplice meccanismo è composto da una manovella  $O_1 A$  e da una diade RPR di tipo degenera. Si calcola la posizione del punto A

$$A = r_1 \begin{Bmatrix} \cos(\varphi_1) \\ \sin(\varphi_1) \end{Bmatrix}$$

Per cui la distanza del pattino dal centro  $O_2$  è

$$AO_2 = \sqrt{(A_y - i)^2 + (A_x)^2}$$

da cui ricava l'angolo

$$\beta_0 = a \sin\left(\frac{A_x}{AO_2}\right)$$

ed infine la relazione cercata

$$\varphi_2 = \frac{3\pi}{2} + \beta_0$$

In conclusione il legame tra movente e cedente è

$$\varphi_2 = \frac{3\pi}{2} + a \sin\left(\frac{r_1 \cos(\varphi_1)}{\sqrt{(r_1 \sin(\varphi_1) - i)^2 + (r_1 \cos(\varphi_1))^2}}\right)$$

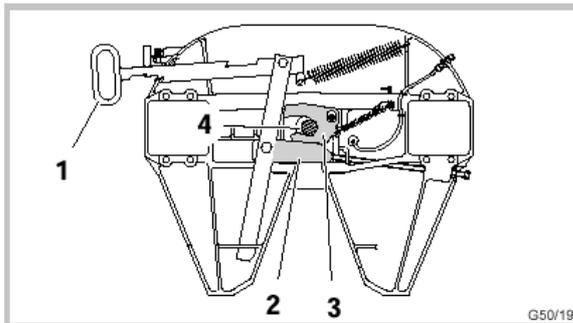
## Meccanismo di fissaggio della ralla a perno

Il meccanismo rappresentato in figura viene utilizzato per fissare rimorchi alla motrice.



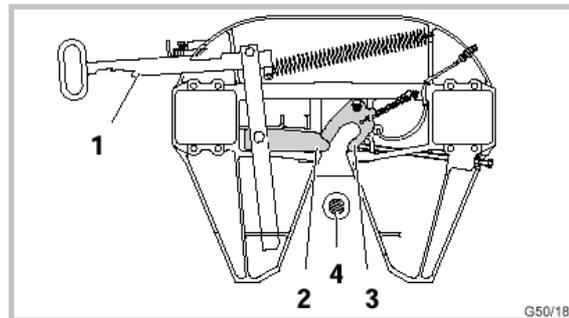
L'aggancio avviene automaticamente spingendo la motrice contro il perno del rimorchio. A causa del contatto, la ganascia ruota e manualmente è sufficiente azionare il chiavistello di serraggio agendo sulla leva di comando manuale.

3.1 Ralla a perno chiusa e assicurata



- 1 Leva a mano
- 2 Chiavistello
- 3 Ganascia
- 4 Perno di articolazione

3.2 Ralla a perno pronta per l'agganciamento

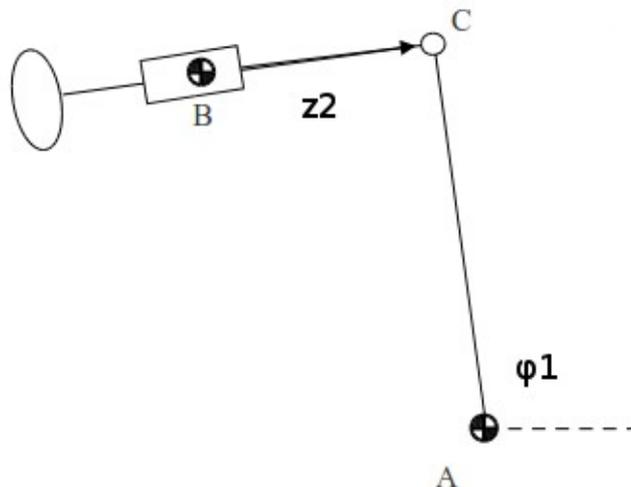


- 1 Leva a mano
- 2 Chiavistello
- 3 Ganascia
- 4 Perno di articolazione

Il movimento realizzato tra la ganascia ed il chiavistello rappresenta un vincolo a camma, perciò, per studiarne il comportamento cinematico, è necessario conoscere la geometria dei profili a contatto. Come esempio di analisi cinematica, di seguito verrà presa in considerazione la semplice relazione esistente tra la posizione del membro che innesta il chiavistello e la posizione della leva manuale. Lo schema equivalente cinematico è il seguente

Il legame tra il membro AC e la posizione della leva manuale definita dal vettore  $z_2$  diventa banale

$$C = AC \begin{Bmatrix} \cos(\varphi_1) \\ \sin(\varphi_1) \end{Bmatrix}$$



$$z_2 = \sqrt{(C_y - B_y)^2 + (C_x - B_x)^2}$$

$$\varphi_2 = a \tan 2(C_y - B_y, C_x - B_x)$$