

L'evoluzione protesica per l'arto inferiore: protesi personalizzate per casi difficili

ing. G. Verni



*L'introduzione, a partire dagli anni 90', dell'elettronica per il controllo delle articolazioni (ginocchio, tibio-tarsica), l'evoluzione continua della **tecnologia**, dei **materiali** (titanio, leghe leggere, fibre di **carbonio**) e delle **tecniche di costruzione** impiegate nella costruzione delle protesi di arto inferiore, ha consentito di soddisfare in misura sempre più efficace le esigenze, anche estreme (protesi per attività sportive), dei pazienti. Per contro, l'utilizzo di componenti ad elevata tecnologia, comporta **costi** di protesizzazione necessariamente sempre più elevati, non sostenuti dal SSN.*

Protesi transfemorale con articolazione di ginocchio a completo controllo elettronico



11.400 €

Piede con articolazione a controllo elettronico



22.000 €

41.000 €

*La prima importante innovazione che ha interessato le protesi di arto inferiore ha riguardato l'introduzione di **materiali** come il titanio, le leghe leggere, le fibre di carbonio.*

Questi, in particolare le fibre di carbonio, avendo peso specifico inferiore a quello dell'acciaio, a parità di resistenza meccanica, hanno consentito di realizzare componenti (moduli ed articolazioni della struttura scheletrica) più leggeri.

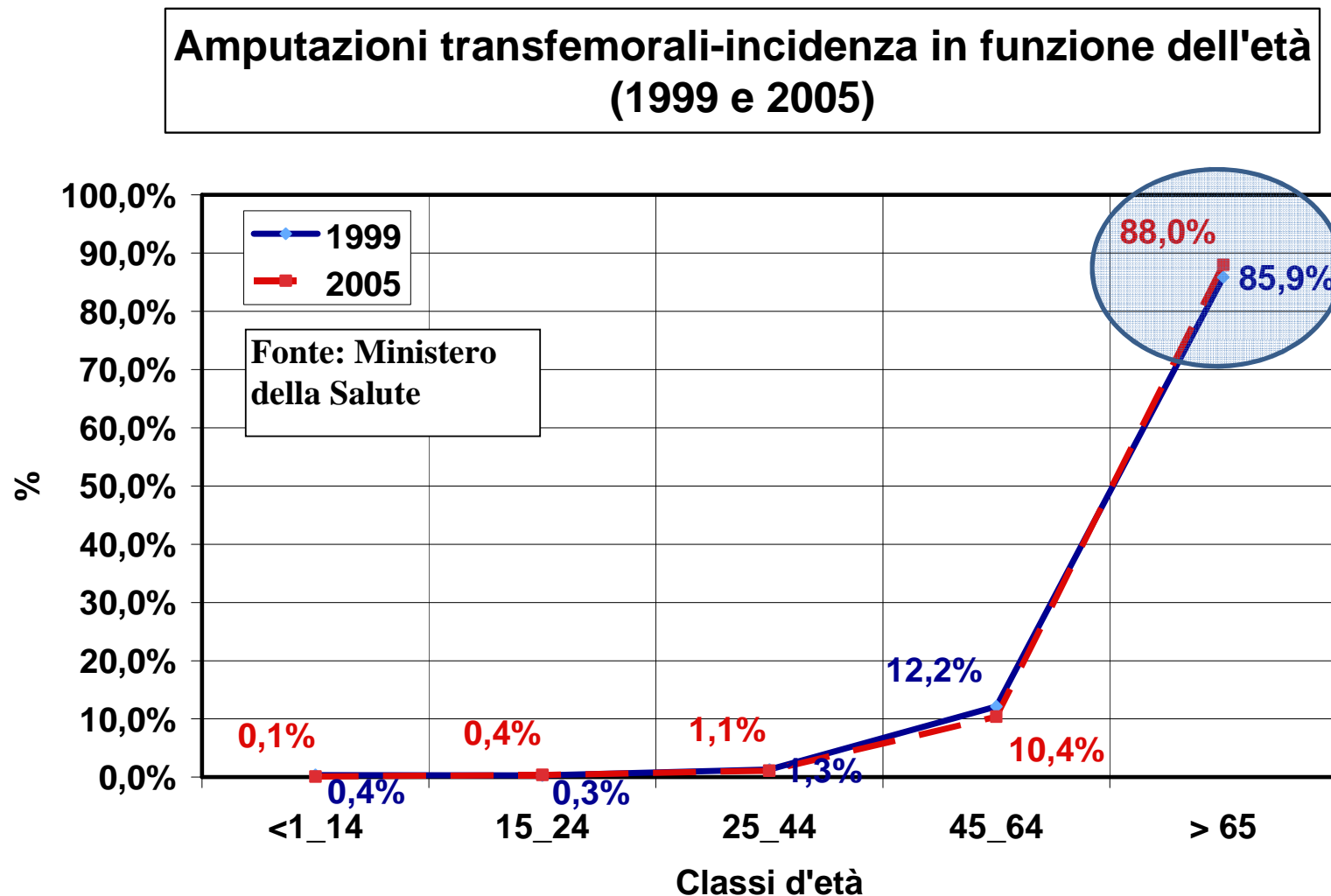
L'obiettivo era quello di ridurre il consumo energetico ad ogni passo e, quindi, l'affaticamento, con effetti particolarmente vantaggiosi per gli amputati con ridotte risorse energetiche come, ad esempio, quelli geriatrici.



Protesi geriatrica

A riprova di quanto detto, si riporta la curva delle amputazioni transfemorali per fascia d'età, dalla quale si può rilevare l'incidenza % al di sopra dei 65 anni.

ing. G. Verni

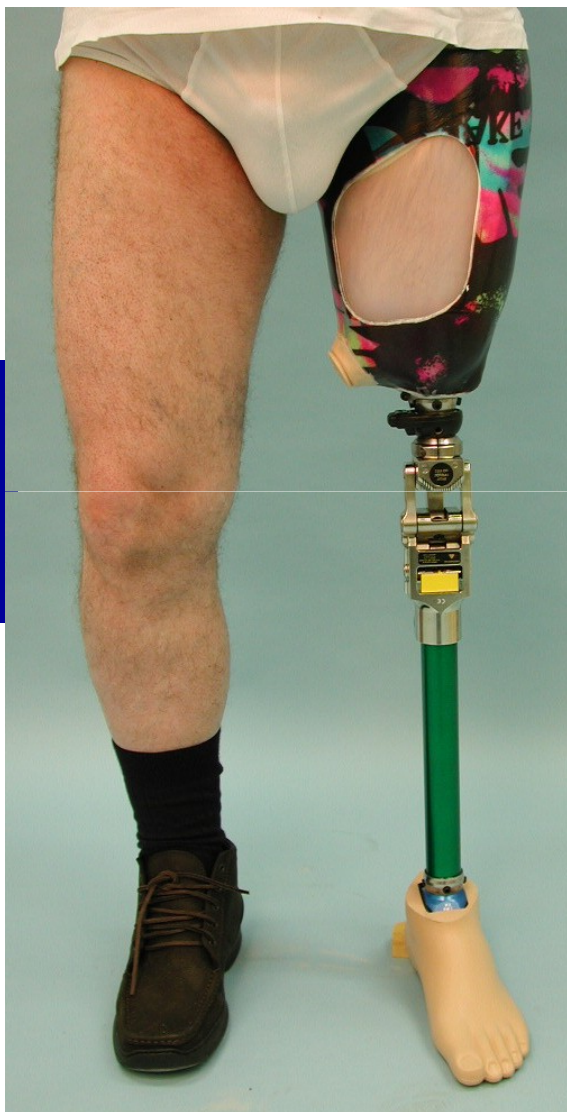


- 1) In una protesi scheletrica-modulare di arto inferiore la **maggiore** diminuzione del peso della struttura scheletrica si ottiene adottando componenti in:
- a) Acciaio
 - b) Titanio
 - c) Leghe leggere
 - d) Fibre di carbonio

L'innovazione tecnologica ha interessato tutte le parti della protesi (invasatura, articolazioni, piede, cosmesi) in relazione alla tipologia di paziente (anziano o meno) da trattare e, di conseguenza, del livello di attività funzionale.

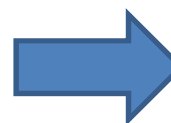


ing. G. Verni



L'evoluzione dell'invasatura ha interessato:

- *la struttura;*
- *i sistemi di sospensione;*
- *la forma anatomica.*



Invasatura flessibile



Sistemi a depressione



Contenimento dell'ischio

L'invasatura flessibile, ideata nel 1983 per i pazienti geriatrici, è caratterizzata da:

- *una invasatura, realizzata con materiali flessibili, che contiene e protegge il moncone;*
- *un telaio di sostegno aperto, rigido, che costituisce la struttura portante dell'invasatura.*

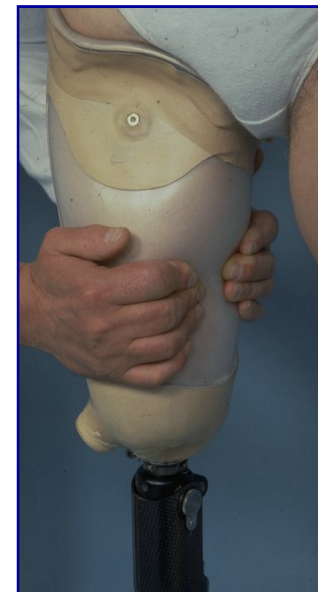
ing. G. Verni

L'adozione dell'invasatura flessibile, offre diversi vantaggi rispetto a quella a pareti rigide:

- *riduzione del peso dell'invasatura;*
- *maggiore comfort;*
- *mantenimento o recupero della tonicità muscolare del moncone.*



Telaio di sostegno
Parte flessibile



2) In una invasatura trans femorale il mantenimento della tonicità muscolare del moncone si può ottenere mediante un'invasatura:

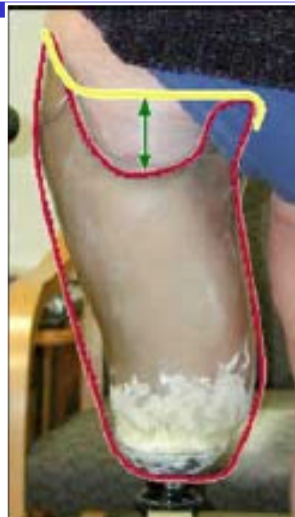
- a) In legno
- b) A pareti rigide
- c) A pareti flessibili
- d) A contenimento dell'ischio

L'invasatura transfemorale a contenimento dell'ischio di Sabolich ha subito numerosi cambiamenti dal 1983, anno della sua presentazione.

ing. G. Verni

*Una delle più recenti ed interessanti versioni è la **MAS (Marlo Anatomical Socket)** presentata nel 2000 dal tecnico messicano Marlo Ortiz.*

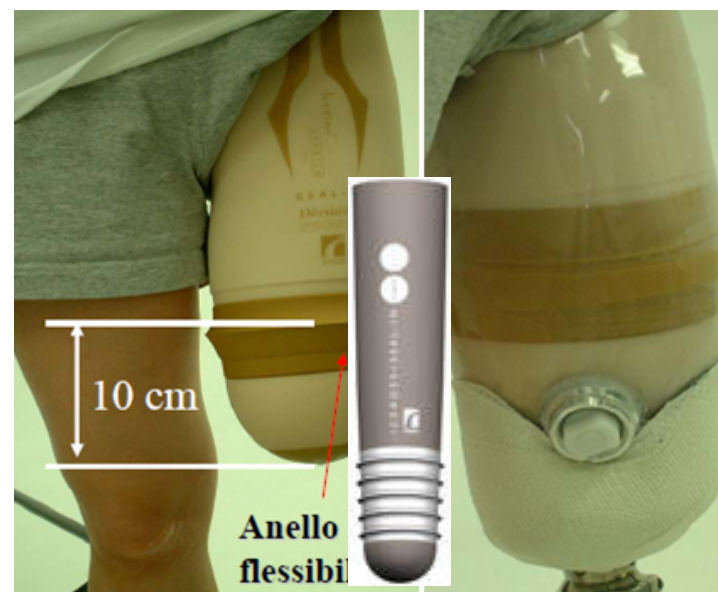
L'invasatura si caratterizza per un disegno molto particolare e confortevole nella parte posteriore.



Associati alle invasature per protesi sia transtibiali che transfemorali sono i sistemi di sospensione denominati “ipobarici”.

ing. G. Verni

Essi sono costituiti da una cuffia, realizzata in materiali particolarmente confortevoli (silicone), e da 1 o più membrane (anelli) che consentono di realizzare, al di sotto di essi, una differenza di pressione all'interno dell'invasatura, una volta che sia stata estratta l'aria attraverso una valvola unidirezionale.



Cuffia ipobarica

I **vantaggi** derivanti dall'utilizzo di questo sistema in una **protesi transtibiale** sono:

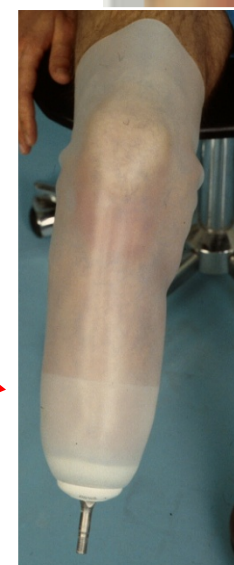
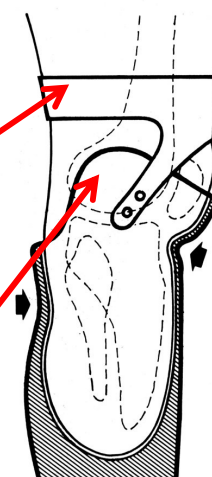
1) *eliminazione dei mezzi di sospensione meccanica quali:*

- *il cinturino sopra rotuleo,*
- *la "ginocchiera di sospensione";*

2) *riduzione, entro certi limiti, della presa sui condili femorali (invasatura PTB);*

3) *sostituzione efficace delle cuffie con ancoraggio terminale e, quindi, riduzione del peso della protesi.*

ing. G. Verni

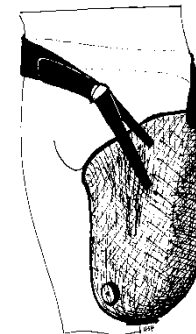
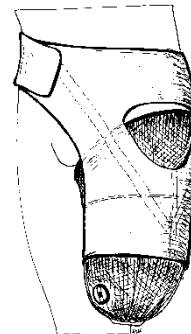
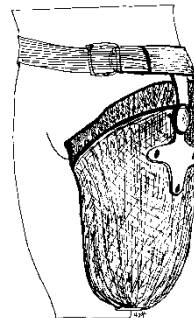
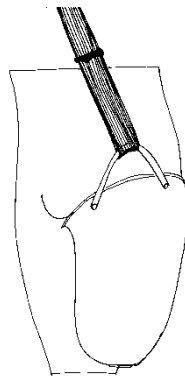


I **vantaggi** derivanti dall'utilizzo di questo sistema in una **protesi transfemorale** sono:

1) eliminazione dei mezzi di sospensione meccanica tradizionali quali le cinghie, la sospensione tipo Silesian, i bretellaggi e, quindi, riduzione, soprattutto negli anziani, della fatica ed del fastidio che l'uso di questi sistemi comporta;

ing. G. Verni

Cuffia ipobarica



Sistema Proseal



2) sostituzione efficace delle cuffie con ancoraggio terminale e, quindi, riduzione del peso della cuffia;



3) sostituzione della calza per infilare la protesi e, quindi, riduzione della fatica che comporta questa operazione, soprattutto nei pazienti anziani.



Sistema Proseal



SISTEMA HARMONY



Il dispositivo Harmony non è un semplice sistema di sospensione. Esso è un decompressore che, collegato all'invasatura, crea una "differenza di pressione specifica e controllata" al suo interno.

Ciò consente la riattivazione ed il mantenimento di una corretta irrorazione, soprattutto, della parte distale del moncone, garantendo il mantenimento costante del volume del moncone.

Infatti, in alcune tipologie di pazienti (amputati per cause vascolari), il moncone può subire variazioni di volume, anche consistenti, nell'arco della giornata a causa dell'insufficiente irrorazione dei tessuti, creando conflitto con l'invasatura e, quindi, notevoli difficoltà al controllo della protesi e, di conseguenza, alla deambulazione.

SISTEMA HARMONY



Il decompressore interno è collegato al fondo dell'invasatura tramite un tubicino (T). Attraverso di esso, durante i primi passi, viene estratta l'aria intrappolata sul fondo dell'invasatura dopo l'introduzione del moncone.

G. Verni



L'aria continua ad essere estratta dal decompressore fino a che non si genera una differenza di pressione specifica che è quella che le ricerche hanno riscontrato favorire una migliore irrorazione dei tessuti del moncone.

SISTEMA HARMONY

Il dispositivo H. è disponibile in due versioni:

- *meccanico, introdotto nel 2004;*
- *a controllo elettronico (e-pulse) introdotto nel 2007.*

*L'Harmony **meccanico** è parte integrante della struttura (endoscheletro) della protesi (1), inserito tra invasatura e piede.*

In esso sono presenti sia di un rotatore (compensazione sollecitazioni torsionali), sia di uno shock absorber (sollecitazioni assiali) che permettono di ridurre le sollecitazioni sul moncone.

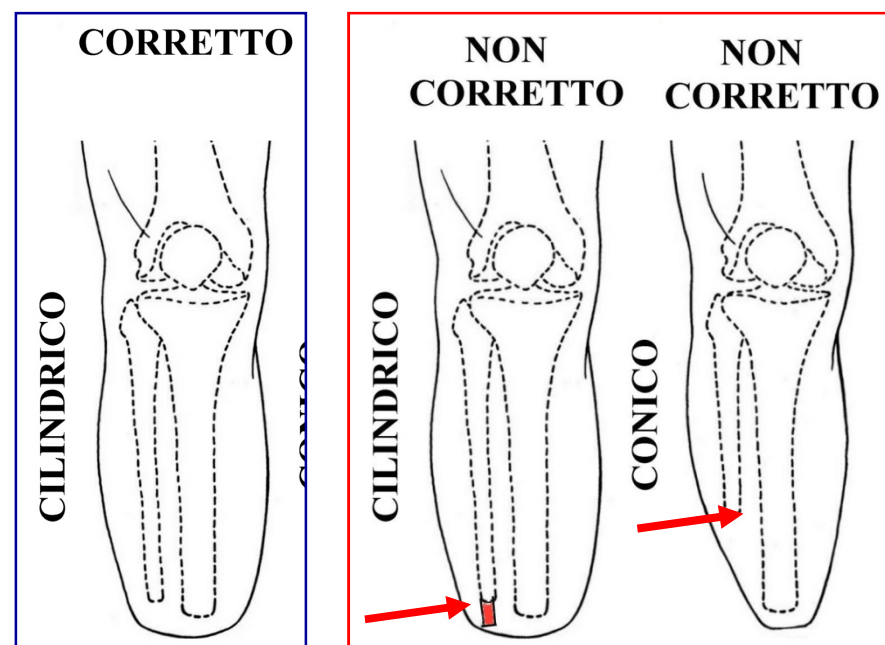
*L'Harmony **elettronico** può essere fissato alla struttura o all'invasatura a seconda dello spazio disponibile.*



La possibilità di applicazione dei sistemi di sospensione ipobarici e del sistema Harmony è legata anche alle caratteristiche del moncone che deve consentire un carico su tutta la sua superficie.

In particolare, il moncone transtibiale ideale è quello di forma cilindrica, garantita da una differenza di lunghezza tra tibia e perone di 0,5-1,0 cm.

ing. G. Verni



- 3) In un'amputazione trans tibiale:
- a) la tibia deve essere più lunga del perone di 0.5-1 cm
 - b) il perone deve essere più lungo della tibia di 0.5-1 cm
 - c) il perone e la tibia devono avere uguale lunghezza
 - d) non ha alcuna importanza la differenza di lunghezza tra tibia e perone.

ing. G. Verni



I ginocchi polifunzionali, rispetto ai monofunzionali, sono caratterizzati dall'avere una **superiore funzionalità** (velocità di deambulazione e/o sicurezza) e, di conseguenza, hanno:

1) maggiore complessità costruttiva,

2) maggiore peso,

3) costo superiore, anche molto elevato



**Polifunzionali
policentrici**
con controllo idraulico o
pneumatico della flessio-
estensione

LIVELLO DI ATTIVITA' K3, K4

Polifunzionali
a frizione o a freno automatico
con controllo idraulico o
pneumatico della flessio-estensione



Reg. No. 2286-A
UNI EN ISO 9001-2008

ing. G. Verni

I ginocchi a funzionalità selezionabile (dal paziente) sono particolari articolazioni nelle quali il paziente può selezionare autonomamente, in funzione delle condizioni d'impiego, la funzionalità. In particolare, sono ginocchi articolati liberi che, con diversi sistemi, possono essere bloccati.



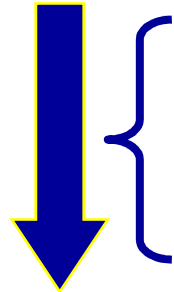
Leva di bloccaggio



Limiti ginocchi meccanici polifunzionali:

- *Specializzazione funzioni (sicurezza o velocità), no variazioni rapide di velocità*
- *Sistemi passivi, sempre necessaria attenzione per controllo del ginocchio con movimenti moncone nella fase di appoggio calcaneare*
- *Difficoltà di agevole deambulazione su piani inclinati e scale*

ing. G. Verni



BIONICA

Sensori + attuatori + microprocessore + software di gestione =

CONTROLLO AUTOMATICO DELLA RESISTENZA IN FLESSIONE ED ESTENSIONE

Ginocchi a completo controllo Elettronico

- *Controllo automatico della flessione sotto carico in piena sicurezza*
- *Velocità del passo rapidamente variabile (fase dinamica), fino a 8 Km/h*
- *Deambulazione sicura e agevole su piani inclinati*
- *Incremento simmetria e fisiologia del passo*
- *Riduzione consumo metabolico durante la marcia*
- *Riduzione sollecitazioni alle articolazioni residue, dell'arto controlaterale e del rachide*

ing. G. Verni



C-LEG

- Sicurezza, fisiologia passo, riduzione costo metabolico
- Vantaggi prestazionali e affidabilità certificati e migliorati in quasi 15 anni di utilizzo nelle protesi TF



RHEO

- Prestazioni comparabili con C-LEG
- Estrema fluidità (ridotti tempi di risposta)
- Attuatore prossimale (peso)



BIONICI



POWER KNEE

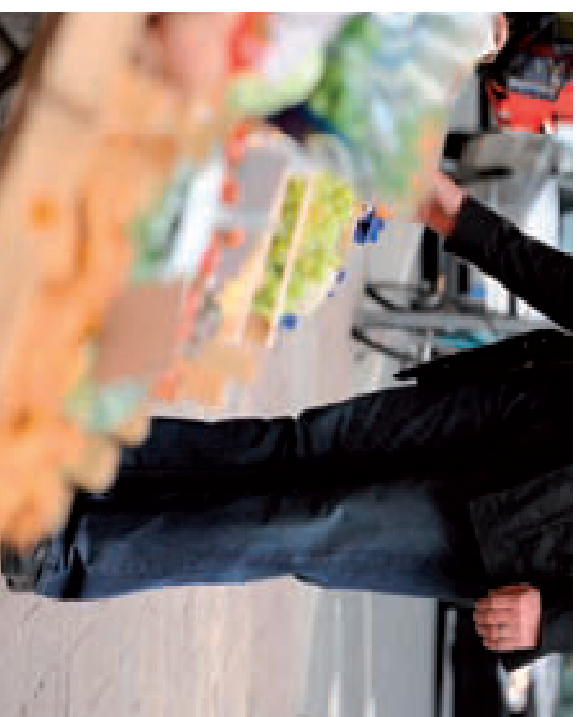
- Supporto attivo dell'articolazione (salite)
- Riduzione sovraccarichi muscolo-scheletrici e consumo metabolico
- Peso elevato, rumorosità



GENIUM

- Utilizzo sicuro, efficiente e confortevole della protesi in un numero superiore di ADL
- Riduzione consumo metabolico
- Incremento della fisiologia del passo

ing. G. Verni



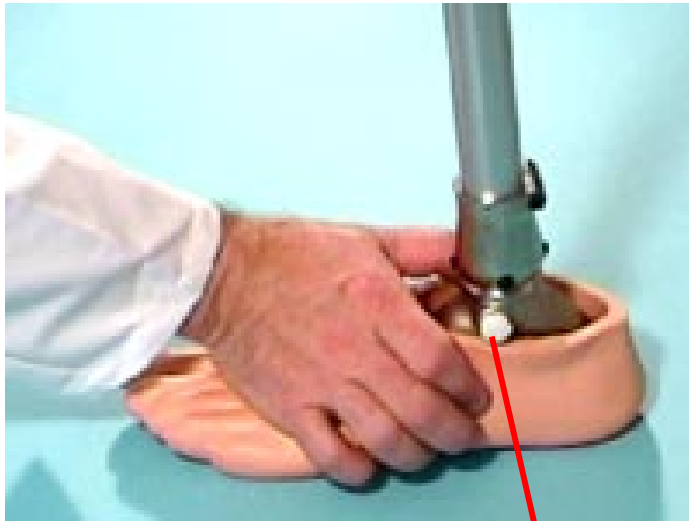
ing. G. Verni



Reg. No. 2286-A
UNI EN ISO 9001-2008

Elation: *Piede con dispositivo idraulico per la variazione fine dell'altezza del tacco da 0 a 5 cm*

ing. G. Verni



Pulsante per lo sblocco ed il blocco del dispositivo di regolazione dell'altezza del tacco

ing. G. Verni

Echelon:

*Piede ARTICOLATO a restituzione d'energia
Articolazione monoasse idraulica
variazione automatica dell'altezza del tacco
da 0 a 3 cm*

Livello di attività k2, k3.



ARTICOLAZIONE TIBIO-TARSICA (PROPRIO FOOT)

Il Proprio Foot:

- *è un piede a restituzione d'energia con articolazione (mono asse) tibio-tarsica a completo controllo elettronico;*
- *è commercializzato dal 2006;*
- *è un'evoluzione dei piedi a restituzione d'energia.*

ing. G. Verni

Fino al 2011 era applicabile solo su protesi transtibiali.

Con la nuova versione, migliorata sia nel software che nell'hardware, è applicabile per livelli d'attività da k2 a k3.



FUNZIONAMENTO

ing. G. Verni

I movimenti della caviglia, nelle varie condizioni d'impiego, avvengono in maniera completamente automatizzata, grazie a due sensori di posizione e ad un microprocessore controllato da un software intelligente che gestisce un micromotore interno all'articolazione.



FUNZIONAMENTO

*L'applicazione di questo piede alla protesi permette al paziente di camminare con estrema **sicurezza** anche su terreni accidentati, sia in salita che in discesa, **limitando considerevolmente le possibilità di caduta**. Anche la salita e la discesa di scale risultano particolarmente facilitate e sicure.*

*La qualità della vita, quindi, ne risulta **considerevolmente migliorata**.*



SYMBIONIC

ing. G. Verni

*Primo sistema ginocchio
(Rheo) e piede (Proprio)
entrambi a controllo
elettronico.*

*Non sono ancora integrati, ma
i risultati sembrano già buoni.*

Peso 2,5 kg

Autonomia 16-24 ore

Livello attività da k2 a k3



UNI EN ISO 9001-2008

PROTESI PER ATTIVITA' SPORTIVE

**MANO A CONTROLLO
MIOELETTTRICO CON DITA
ARTICOLATE (ANTROPOMORFA)**



Reg. No. 2286-A
UNI EN ISO 9001-2008

ing. G. Verni

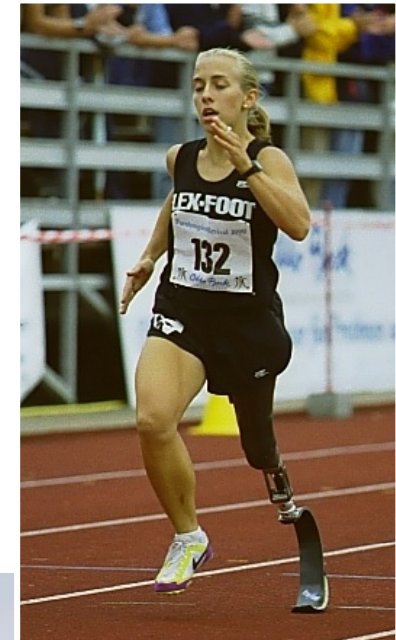
Pur utilizzando le tecnologie ed i materiali più avanzati disponibili, le protesi attuali non sono ancora in grado di riprodurre la versatilità dell'arto naturale, sia dal punto di vista cosmetico che funzionale.

**GINOCCHIO A COMPLETO
CONTROLLO ELETTRONICO**

Pertanto, ad esempio, nel caso delle protesi di arto inferiore, la loro funzione principale e' quella di garantire la stazione eretta ed una corretta deambulazione.

ing. G. Verni

*Invece, per praticare **attività sportive**, anche in presenza di acqua, le protesi richiedono delle soluzioni appositamente studiate.*

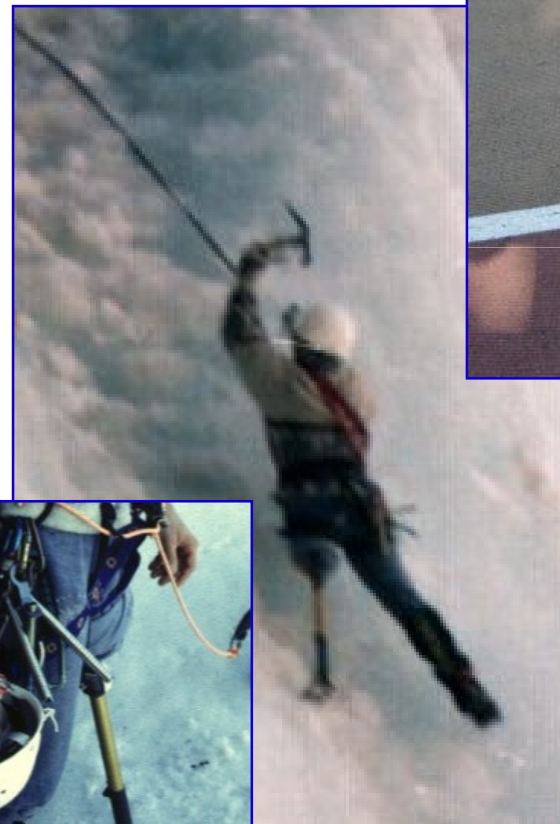


Reg. No. 2286-A
UNI EN ISO 9001-2008

Occorre chiarire che quelle per attività sportive:

- *sono protesi speciali, in genere non adatte ad essere impiegate per le normali attività della vita quotidiana;*
- *possono essere anche molto costose.*

ing. G. Verni



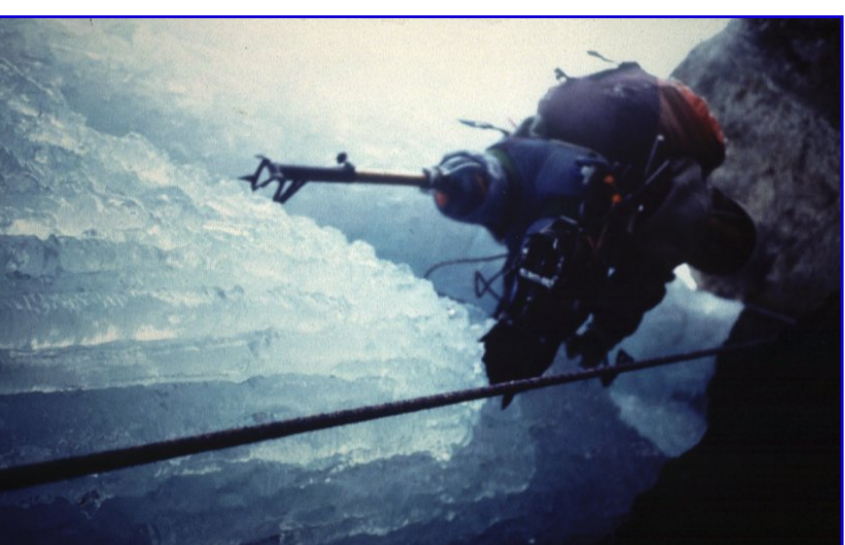
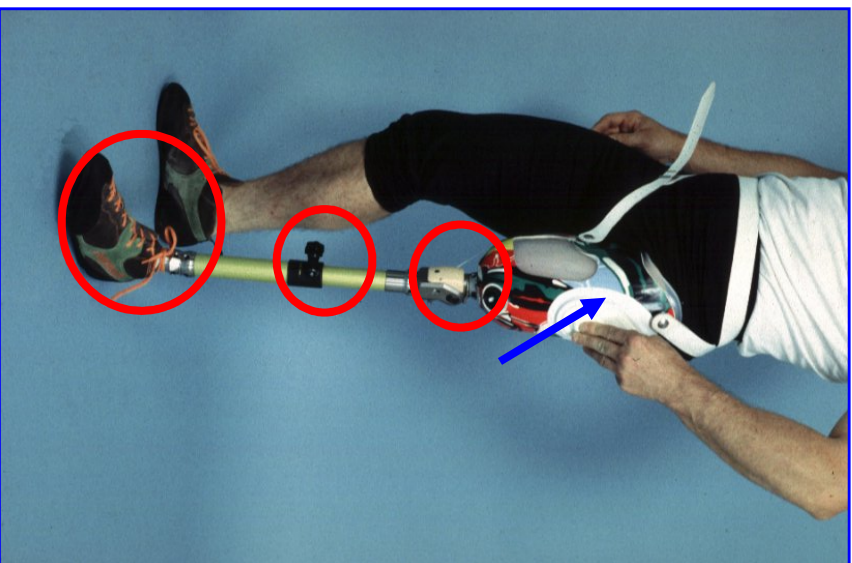
ing. G. Verni

Con i materiali e la tecnologia attualmente disponibili e' ormai possibile praticare qualsiasi attivita' sportiva sia a livello amatoriale che agonistico.

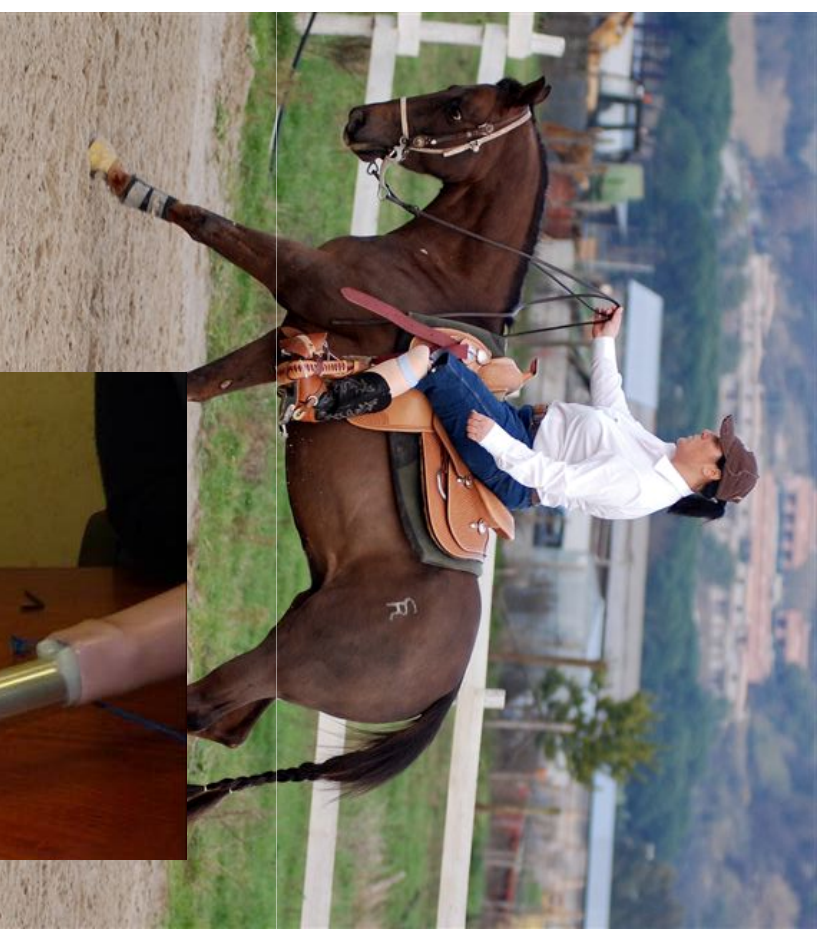
I risultati che si possono raggiungere sono, ormai, sempre piu' vicini a quelli degli atleti normodotati.



ing. G. Verni



ing. G. Verni



*A partire dai primi anni '80,
l'introduzione di materiali quali le fibre di carbonio, le fibre di kevlar,
le leghe di titanio, le leghe d'alluminio ad alta resistenza, dalle
elevate caratteristiche meccaniche ed elastiche*

e

*la disponibilità di componenti protesici
(soprattutto piedi e ginocchi)
tecnologicamente molto avanzati,
estremamente funzionali e resistenti,*

*hanno consentito di affrontare e risolvere
con successo, le complesse problematiche
connesse alla costruzione di protesi
fortemente sollecitate quali sono quelle
impiegate nelle varie discipline
dell'atletica.*



ing. G. Verni



Lancio del giavellotto



Lancio del disco



Salto in lungo

ing. G. Verni

Salto in lungo



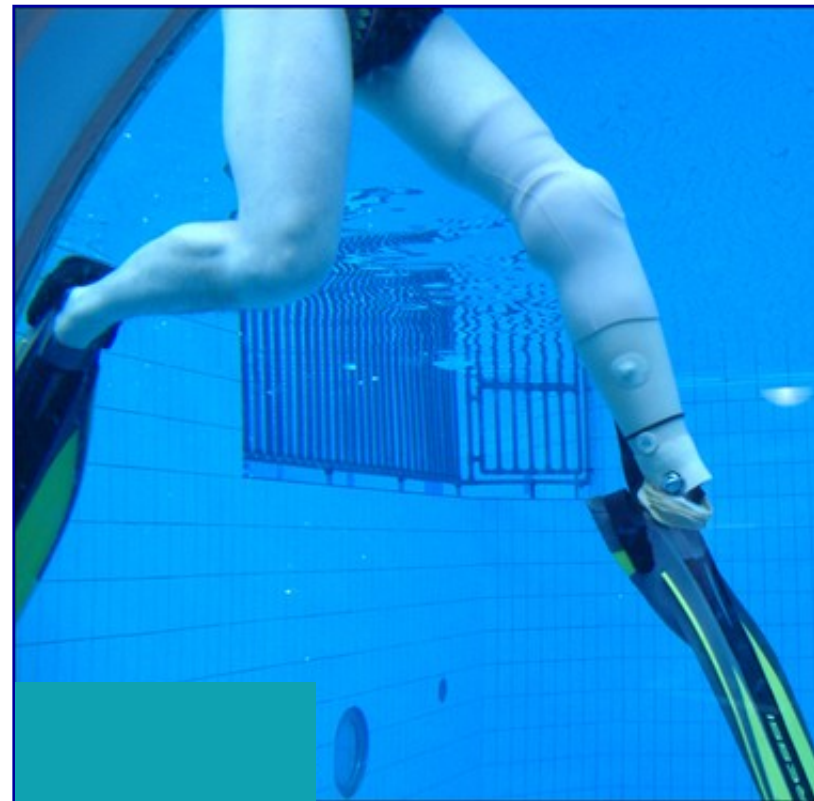
S. Lippi: ... *“Il risultato fu quello sperato. Ad Atene (2004) vinsi la medaglia d’argento nel salto in lungo dietro al tedesco Wojtek Czyz, con la misura di 5.65 metri. Soltanto io e il Tedesco saltammo **usando come arto di stacco la protesi!**”*

- 4) In una protesi per atletica, il piede protesico deve essere:
- a) a restituzione d'energia senza il retropiede
 - b) a restituzione d'energia con il retropiede
 - c) articolato pluriasse
 - d) SACH.



ing. G. Verni

Anche la protesi per la pratica di attività sportive in acqua e' di tipo speciale .





Originariamente la protesi per acqua, detta “da bagno”, era stata pensata per soddisfare semplici esigenze dell’amputato :

permettere di svolgere in autonomia le attività quotidiane necessarie all'igiene personale come, ad esempio, fare la doccia o praticare il nuoto.

L'aumento delle richieste funzionali per praticare un numero sempre crescente di attività sportive acquatiche ha portato, negli ultimi anni, alla progettazione anche di protesi di tipo endoscheletrico, i cui componenti sono realizzati con materiali (lega leggera, titanio, acciaio inossidabile) in grado di resistere alle forti sollecitazioni ed alla corrosione.



PROTESI SCHELETRICA PER ACQUA CON GINOCCHIO ARTICOLATO

ing. G. Verni



GINOCCHIO ARTICOLATO WATER RESISTENT E WATER PROOF

SCI NAUTICO: TRANSFEMORALE

ing. G. Verni

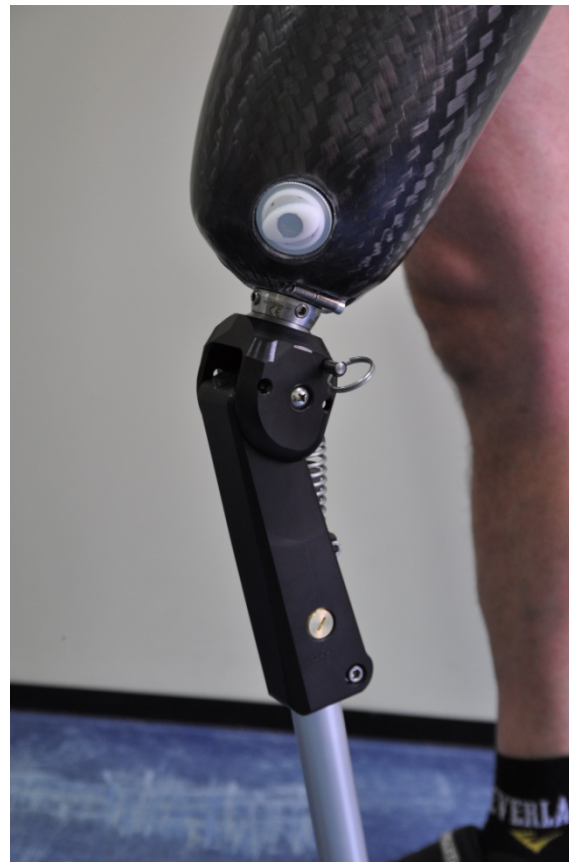


GINOCCHI

**WATER RESISTENT E WATER PROOF
CON BLOCCAGGIO DELL'ARTICOLAZIONE**



ing. G. Verni





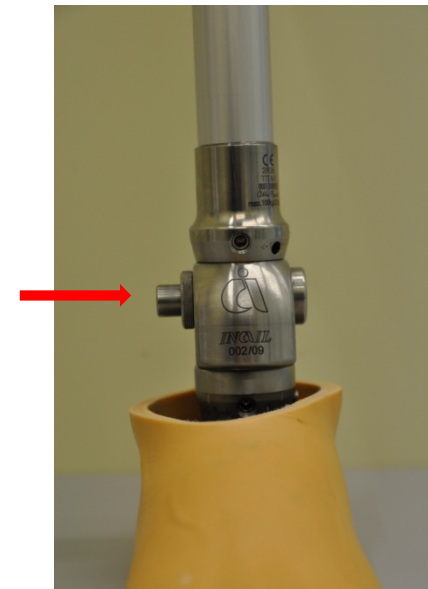
TRANSFEMORALE



TRANSTIBIALE

**ARTICOLAZIONE DI CAVIGLIA
WATER RESISTENT
WATER PROOF
(BREVETTO INAIL 2011)**

ing. G. Verni





AMPUTAZIONE TRANSTIBIALE BILATERALE

ing. G. Verni



**Protesi da
bagno
esoscheletrica**



Grazie per l'attenzione