

Sommario

- ▶ Esoscheletri attivi
- ▶ Riabilitazione robotizzata
- ▶ Sistemi aptici

Esoscheletri attivi

Possono essere considerati dei veri e propri robot indossabili. Sono macchine mobili che consistono essenzialmente di una struttura (armatura) indossata da una persona e una fonte di energia che alimenta almeno una parte dei dispositivi (attuatori) che controllano i movimenti degli arti.

Sono sistemi meccatronici progettati attorno alla forma e alle funzionalità del corpo umano, con segmenti e articolazioni che corrispondono a quelli della persona a cui sono accoppiati.

Le prime applicazioni sono state la teleoperazione e il potenziamento della forza, ma dopo i recenti progressi tecnologici il campo di applicazioni si è allargato. Questa tecnologia è adesso usata anche nella ricerca sul controllo neuro-motorio e nella riabilitazione, e anche per assistere la mobilità di persone disabili.



Esoscheletri attivi

La funzione principale di un esoscheletro attivo è assistere chi lo indossa aumentando la sua forza e resistenza.

Originariamente sono stati progettati per uso militare, per aiutare i soldati a trasportare carichi elevati dentro e fuori i campi di battaglia.



In aree civili, simili esoscheletri possono essere usati per assistere vigili del fuoco e altri operatori di soccorso per agire in ambienti pericolosi

Esoscheletri attivi

Il campo medico è un'altra area primaria per la tecnologia degli esoscheletri, dove può essere usata per la riabilitazione o per assistere infermieri nella movimentazione di pazienti.



Alcuni dispositivi sono usati come ortesi attive, destinate ad assistere la mobilità delle persone che li indossano.

Esoscheletri attivi

Alcuni esoscheletri attivi sono utilizzati per la riabilitazione di persone traumatizzate o colpite da ictus, permettendo di ridurre il numero di fisioterapisti e di uniformare la metodologia di trattamento, che può essere studiato analiticamente e adattato al paziente.



Alcuni esoscheletri attivi possono consentire ad un paraplegico di camminare con l'aiuto delle stampelle.

Esoscheletri attivi

Aspetti tecnologici

Chi vuole sviluppare un esoscheletro attivo deve fronteggiare diverse sfide tecnologiche per costruire un “vestito” che consenta movimenti agili e veloci e allo stesso tempo sicuro e facile da usare:

- Riserva di energia
- Struttura meccanica
- Attuatori
- Controllo
- Sicurezza, comfort, adattamento della taglia

La fonte di energia

- ▶ La fonte di alimentazione dell'energia può essere un motore a combustione interna, batterie o (potenzialmente) una fuel cell.
- ▶ Attualmente esistono poche fonti di energia sufficientemente “dense” che consentano di alimentare per più di qualche ora un esoscheletro completo (full-body) che opera in autonomia. La soluzione maggiormente utilizzata è costituita da batterie ricaricabili al litio.
- ▶ Alcune soluzioni, utilizzate all'interno di ambienti attrezzati, prevedono il collegamento dell'esoscheletro ad una fonte separata di energia per mezzo di un cordone ombelicale.



La fonte di energia

Densità di energia di comuni materiali

Storage material	Energy type	Specific energy (MJ/kg)	Direct uses
Hydrogen (compressed) at 70 MPa)	Chemical	123	Experimental automotive engines
LPG (including Propane / Butane)	Chemical	46.4	Cooking, home heating, automotive engines, lighter fluid
Gasoline (petrol) / Diesel / Fuel oil	Chemical	~46	Automotive engines, power plants
Fat (animal/vegetable)	Chemical	37	Human/animal nutrition
Coal	Chemical	24	Electric power plants, home heating
Carbohydrates (including sugars)	Chemical	17	Human/animal nutrition
Protein	Chemical	16.8	Human/animal nutrition
Wood	Chemical	16.2	Heating, outdoor cooking
TNT	Chemical	4.6	Explosives
Gunpowder	Chemical	3	Explosives
Lithium battery (non-rechargeable)	Electrochemical	1.8	Portable electronic devices, flashlights
Lithium-ion battery	Electrochemical	0.36–0.875	Laptop computers, mobile devices, electric vehicles
Alkaline battery	Electrochemical	0.67	Portable electronic devices, flashlights
Nickel-metal hydride battery	Electrochemical	0.288	Portable electronic devices, flashlights
Lead-acid battery	Electrochemical	0.17	Automotive engine ignition
Supercapacitor	Electrical	0.018	Electronic circuits
Electrostatic capacitor	Electrical	0.000036	Electronic circuits

Per valutare i dati in tabella, si applichino i seguenti fattori di conversione:

$$1 \text{ MJ} \approx 0.28 \text{ kWh} \approx 0.37 \text{ HPh.}$$

La fonte di energia

- ▶ **Batterie non ricaricabili:** tendono ad avere una maggiore densità di energia rispetto alle batterie ricaricabili, ma richiedono la presenza di batterie di riserva disponibili nel luogo di utilizzo.
- ▶ **Batterie ricaricabili:** possono essere riutilizzate, ma richiedono la presenza di un dispositivo di ricarica; se quest'ultima non è veloce, è necessario avere una scorta di batterie già caricate precedentemente.
- ▶ **Celle elettrochimiche a combustibile (fuel cells):** pile del tipo ad “ossido solido” (solid oxide fuel cells SOFC) possono essere considerate una efficiente fonte di energia poiché possono produrre energia istantanea come le batterie e conservare la fonte quando non è richiesto. Per contro, richiedono alte temperature di funzionamento: 600° C sono considerati una bassa temperatura per tali celle.

La fonte di energia

Motori a combustione interna: offrono un elevato livello di energia, ma devono rimanere continuamente in attività anche quando non è richiesta alcuna azione motoria, continuando perciò a consumare combustibile.

Esistono motori ad avviamento rapido, che richiedono però un sistema di avviamento in grado di portare rapidamente il motore alla piena velocità operativa, e il sistema deve essere nel complesso estremamente affidabile per garantire un immediato avviamento.

Motori piccoli e leggeri devono operare tipicamente ad alte velocità, e ciò può essere difficile da silenziare e produce vibrazioni nel sistema complessivo.

I motori a combustione interna possono raggiungere temperature elevate e quindi richiedere un peso addizionale per sistemi di raffreddamento e di schermatura termica.

Elementi costruttivi – lo scheletro

- ▶ La struttura dello scheletro deve essere leggera e resistente. Inizialmente, i prototipi sperimentali vengono realizzati con materiali comuni e facili da assemblare (acciaio, alluminio) che però ne limitano le prestazioni: l'acciaio è pesante, l'alluminio può andare incontro a rottura per fatica



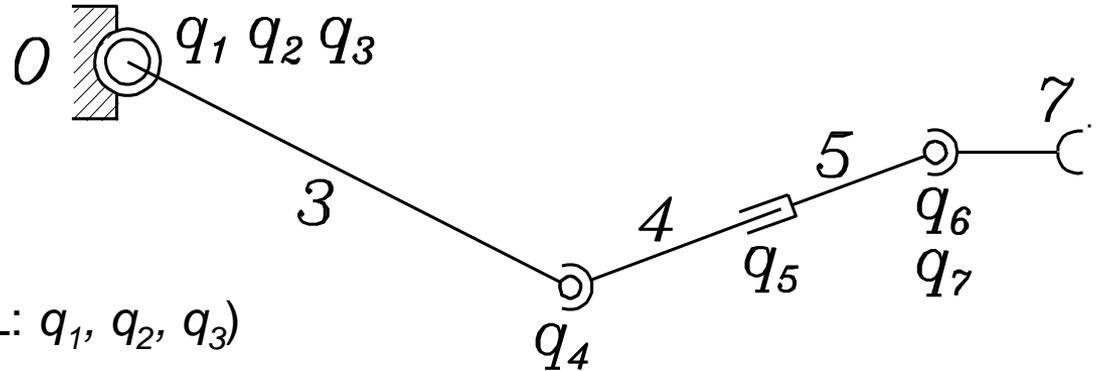
- ▶ Con l'avanzare del progetto e lo sviluppo dell'esoscheletro, si passa progressivamente a materiali più costosi e tecnologicamente più vantaggiosi, come ad esempio il titanio e i materiali compositi (es. fibra di carbonio).

Elementi costruttivi – le articolazioni

Alcune articolazioni dell'esoscheletro possono essere realizzate per mezzo di cerniere, per consentire movimenti ad un solo grado di libertà (GDL) come ad esempio la flessione-estensione.

Altre articolazioni richiedono giunti più complessi, con maggiori GDL

La struttura osteoarticolare dell'arto superiore può essere considerata come una catena cinematica seriale a 7 GDL.



Spalla: giunto sferico (3 GDL: q_1, q_2, q_3)

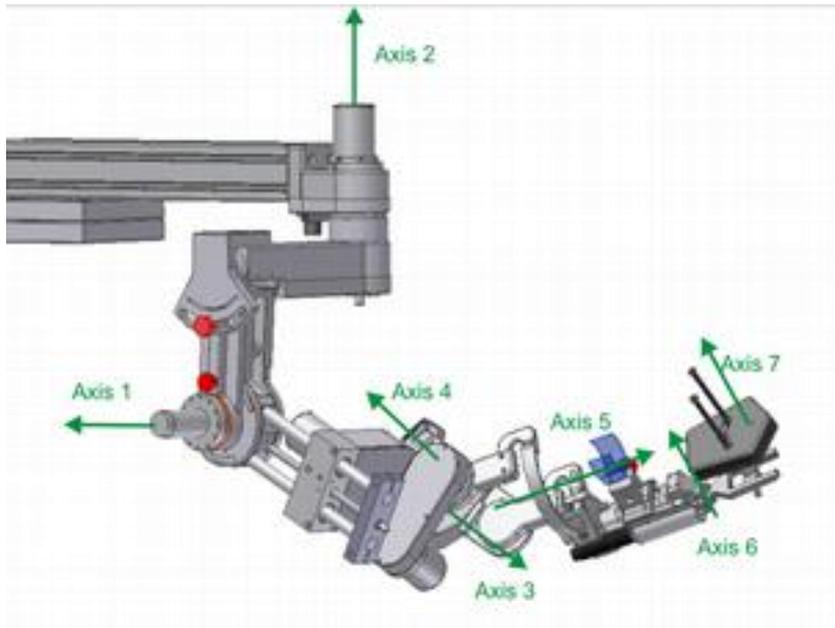
Gomito: cerniera (1 GDL: q_4)

Avambraccio: cerniera (1 GDL: q_5)

Polso: giunto universale (2 GDL: q_6, q_7)

Elementi costruttivi – le articolazioni

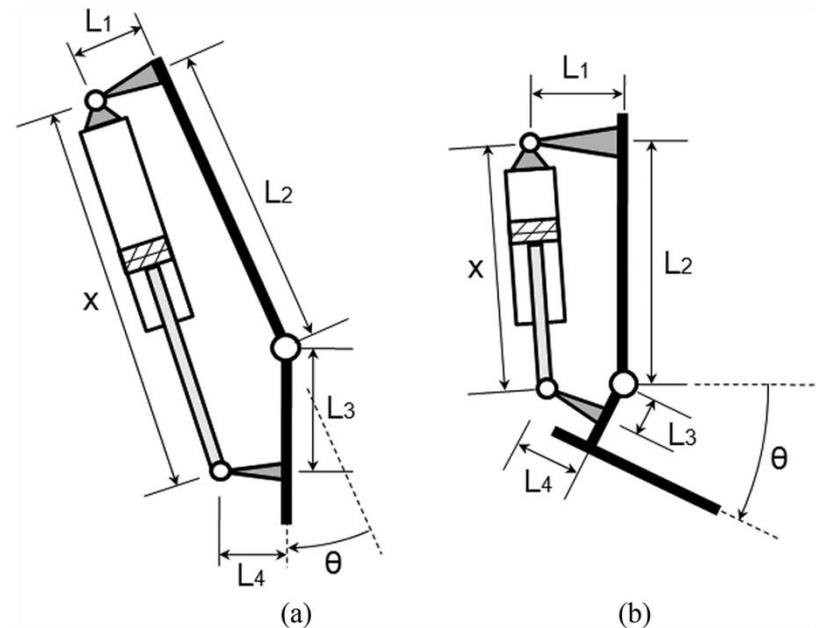
- ▶ Nelle articolazioni con 2 o 3 gradi di libertà, come polso, anca e spalla, il centro di rotazione è posizionato all'interno del corpo
- ▶ E' difficile per un esoscheletro riprodurre esattamente il movimento di queste articolazioni usando soltanto una serie di cerniere ad asse singolo, limitando così la libertà di movimento della persona. Si ricercano spesso soluzioni meccaniche più complesse.



Gli attuatori

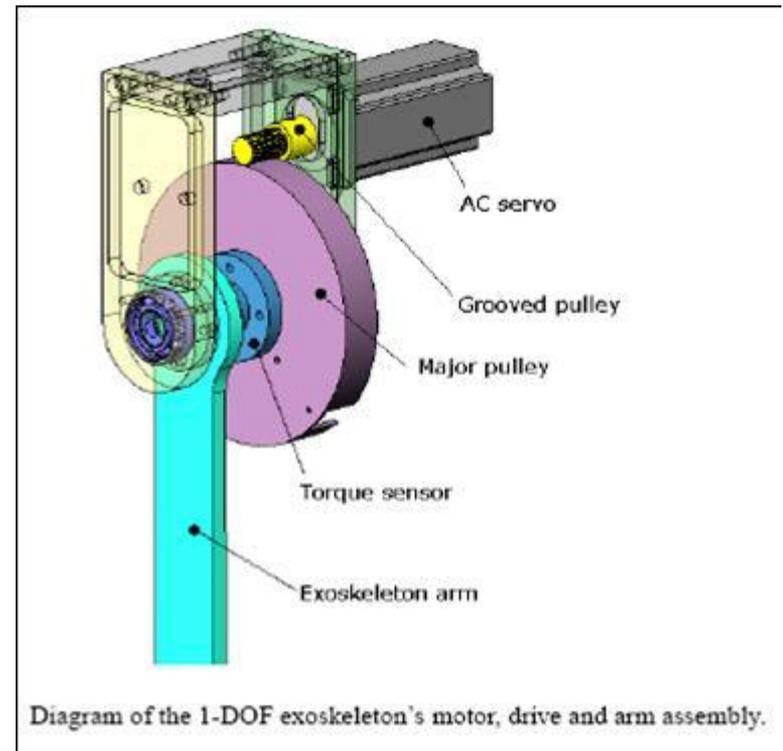
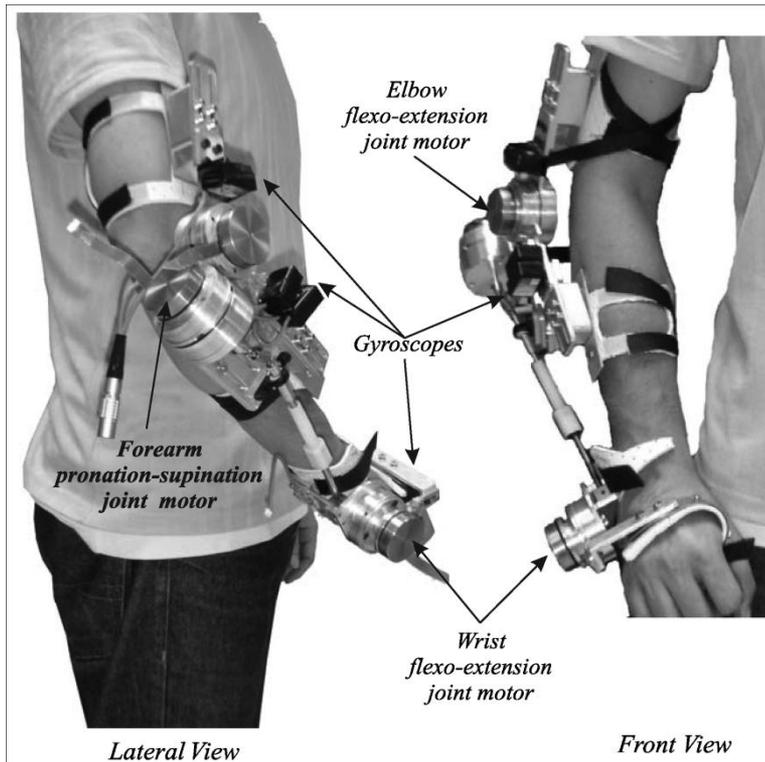
Potenza e leggerezza sono richieste basilari anche per gli attuatori dei giunti.

I **cilindri idraulici** sono potenti e precisi, ma sono anche pesanti, perchè l'alta pressione del fluido richiede tubi e componenti di elevato spessore. Inoltre si potrebbero verificare perdite di fluido.



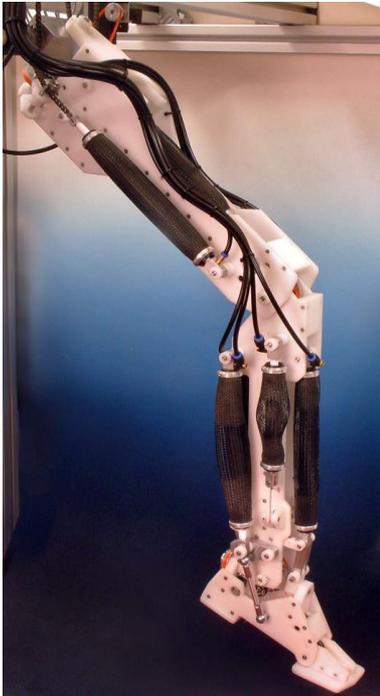
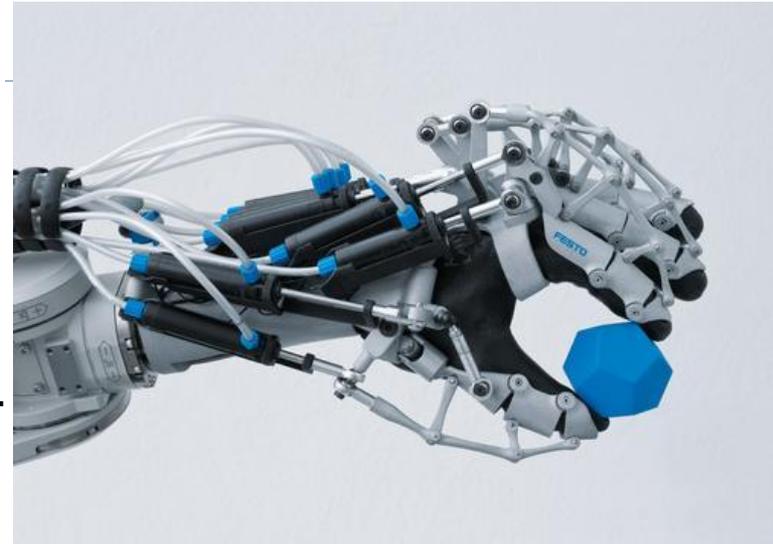
Gli attuatori

Generalmente I **servomotori elettrici** sono più efficienti e con una maggiore densità di potenza, utilizzano magneti permanenti e speciali riduttori di velocità per fornire movimenti accurati e coppie elevate in unità estremamente compatte. Servo-motoriduttori possono essere dotati di dispositivi di frenatura per bloccare il giunto in posizione statica senza consumare energia.



Gli attuatori

Gli attuatori pneumatici tradizionali sono difficili da controllare in posizione e velocità, a causa della comprimibilità dell'aria, e il movimento è influenzato fortemente dal carico. Per contro, sono efficaci nel controllo della forza.



Una nuova tipologia di attuatori deformabili, sul principio del **muscolo di McKibben**, si stanno diffondendo per le loro caratteristiche di leggerezza e conformazione **bio-mimetica**.

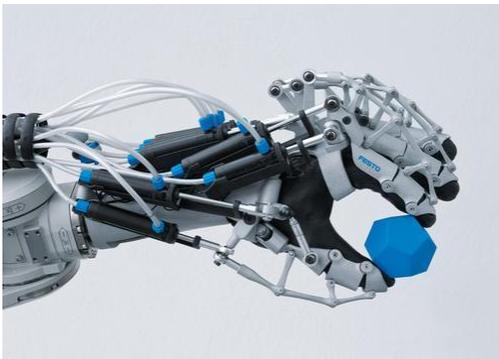


Lo stato dell'arte



Esoscheletri di uso civile per aumento di forza e resistenza, con applicazioni nella riabilitazione e nell'ausilio alla mobilità anche di persone paralizzate

Esoscheletri militari per il potenziamento della forza e della resistenza: finanziamento DARPA (2000)



Dispositivi aptici, per interazione con realtà virtuale

Dispositivi robotizzati per la riabilitazione



Esoscheletri militari

L'agenzia americana DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) iniziò lo sviluppo di esoscheletri nel 2001 nel quadro del programma in 5 anni *Exoskeletons for Human Performance Augmentation*.

L'agenzia finanziò \$50.000.000 a vari partecipanti. Solo due di essi arrivarono a sviluppare prototipi per l'esercito americano:

- **Lockheed Martin (BLEEX, HULC, ExoHiker)**
- **Raytheon Sarcos (XOS 2)**

Obiettivi: aumento della forza e della resistenza.

Ricadute: sviluppo di esoscheletri per applicazioni civili



BLEEX

Berkeley Lower Extremity Exoskeleton

- ▶ Per operatori che devono trasportare carichi elevati in ambienti ostili e rischiosi (soldati, vigili del fuoco, ecc.)
- ▶ Esoscheletro energeticamente autonomo per incremento della forza e resistenza.
- ▶ Costituito da due arti inferiori motorizzati, una unità di alimentazione e uno zaino per il trasporto del carico.
- ▶ Energia idraulica per l'azionamento, energia elettrica per il computer di controllo, generate da un motore termico.
- ▶ Peso esoscheletro: 45 kg;
- ▶ Carico: 30-60 kg



[bleex-1.mp4 - collegamento.Ink](#)



[bleex-2.mp4 - collegamento.Ink](#)



[bleex-3.mp4 - collegamento.Ink](#)



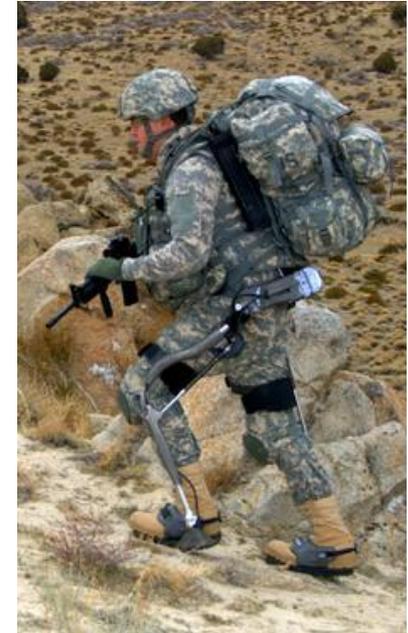
BERKELEY LOWER EXTREMITY EXOSKELETON, 2004





HULC – Human Universal Load Carrier

- ▶ E' uno sviluppo più sofisticato ed efficiente del BLEEX
- ▶ Può caricare 100kg senza ostacolare i movimenti della persona e riduce il costo metabolico di una determinata missione



- ▶ E' dotato di diversi congegni aggiuntivi, in particolare il Lift Assisting Device, che permette di caricare davanti o dietro dei pesi che richiederebbero normalmente l'azione di due persone



Raytheon XOS 2

Forza: sollevare facilmente 100 kg diverse centinaia di volte, spezzare con un pugno un'asse di legno spessa 8 cm.

Agilità: calciare un pallone, salire rampe e scale velocemente.

Energia: un motore termico aziona una centralina idraulica ad alta pressione (200 bar) e un generatore elettrico. Il prototipo è attualmente collegato alla sorgente di energia da un cordone ombelicale; una riduzione degli attuali consumi al 60% consentirebbe l'autonomia. L'alternativa elettrica (batterie a ioni di litio ad alta energia) non adatta per usi militari perché può esplodere se colpita da proiettili.

Previsioni: uso estensivo in applicazioni logistiche con cordone ombelicale: 2015; autonomia energetica per missioni di combattimento: 2020.



HAL

Hybrid Assistive Limb

Azienda costruttrice: Cyberdyne
(collaborazione con Tsukuba University,
Japan)

2 versioni: HAL 3 solo per arti inferiori;
HAL 5 full-body

Usa un sistema di “controllo volontario”
che interpreta il movimento pianificato e lo
assiste

Analizza i segnali bioelettrici inviati dal
motoneurone al muscolo prima che
questo si contragga

Valuta quale movimento è richiesto dal
SNC e quanta potenza è necessaria per
eseguirlo

Aziona l'articolazione opportuna tramite
un motore elettrico, agendo in sinergia
con il muscolo



HAL.fiv - collegamento.lnk

HAL - Hybrid Assistive Limb

Energia: batterie di polimeri di litio

Moltiplica la forza del soggetto da 2 a 10 volte

Peso del modello full-body (taglia 1.6m): 25 kg, completamente sostenuto dallo stesso esoscheletro

Autonomia: 60-90' (in futuro 5 ore) per comuni attività (alzata da sedia, cammino, salita e discesa di scale, sollevamento e trasporto di carichi)

Usi previsti: riabilitazione, allenamento fisico, assistenza a disabili, sollevamento di carichi, operazioni in ambienti disagiati e ostili

Attualmente disponibile a noleggio solo per cittadini giapponesi (2.000 US\$/mese)

Costo commerciale previsto: 14.000-19.000 US\$



ReWalk

Permette la deambulazione con stampelle a paraplegici (richiesto controllo di mani e spalle)

La postura eretta allevia problemi respiratori, urinari, cardiovascolari e digestivi, frequenti in persone costrette su sedia a rotelle

Servo-motori elettrici nei giunti di anca e ginocchio.

Sensori in grado di rilevare il movimento del soggetto (COM e parte superiore del corpo)

Batteria elettrica ricaricabile, autonomia 3,5 ore, posta nello zaino insieme al computer di controllo.

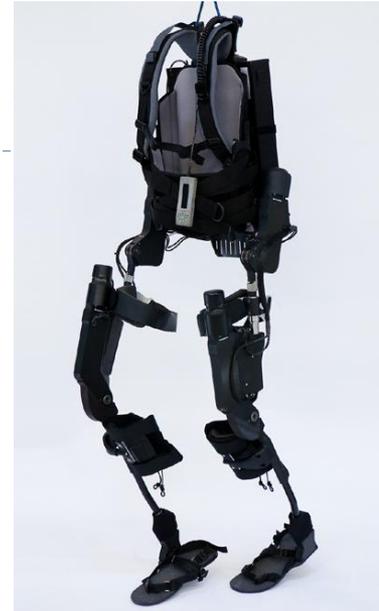
Peso complessivo: 15 kg

Costo stimato: \$ 100.000 (Argo Medical Technologies, Israele)



eLEGS - Ekso

- ▶ **exoskeleton Lower Extremity Gait System**, presentato nel 2010 da Berkeley Bionics, perfezionato nel 2011 e rinominato **Ekso**.
- ▶ Esoscheletro ad azionamento idraulico, permette la deambulazione a paraplegici con l'ausilio di stampelle
- ▶ Il computer elabora i segnali di sensori di forza e movimento, per interpretare l'intenzione dell'utente e tradurla in azione degli attuatori
- ▶ Peso: 20 kg; velocità massima: 3,2 km/h; autonomia: 6 ore.
- ▶ Adatto a persone fino a 100kg di peso, di altezza 1,55-1,90 m.
- ▶ Costo stimato: \$100,000.
- ▶ Attualmente in fase di sviluppo e test clinici.



Honda Bodyweight Support Assist



Honda Bodyweight.flv - collegamento.Ink

Sostiene parte del peso corporeo mentre l'utente cammina, sale e scende su scale e rampe, opera in posizione accovacciata.

Si riduce l'affaticamento muscolare nelle normali attività quotidiane.

Peso	6,5 kg (incluse scarpe e batterie)
Motori	2 DC brushless
Batteria	Ricaricabile litio
Autonomia	2 ore
Taglie	Small (160 ± 5 cm) Medium (170 ± 5 cm) Large (180 ± 5 cm)



Honda Stride Management Assist

Tramite due motori elettrici assiste il movimento di flessione ed estensione delle cosce durante la deambulazione.

Permette l'aumento della lunghezza del passo, rendendo possibili camminate più lunghe e veloci.



Honda Stride.flv - collegamento.lnk

Peso	2,8 kg (incluse le batterie)
Motori	2 DC brushless
Batteria	Ricaricabile litio
Autonomia	2 ore (marcia a 4,5 km/h)
Taglie (spazio tra i motori)	Small (312 mm) Medium (342 mm) Large (372 mm)



Riabilitazione robotizzata

La corda spinale, costituita da milioni di nervi, si trova nella colonna vertebrale. I nervi della corda spinale escono dalle aperture tra le vertebre e si connettono con gli organi interni, i muscoli, le articolazioni, i legamenti, i tendini e le altre parti del corpo.

C1 – flusso di sangue alla testa, scalpo, ossa del viso, cervello, orecchio interno e medio, sistema nervoso simpatico, occhi, orecchie

C2 – occhi, nervi ottici, nervo acustico, seni nasali, ossa mastoidee, lingua, fronte, cuore

C3 – guance, orecchio esterno, faccia, ossa, denti, nervo facciale, polmoni

C4 – naso, labbra, bocca, trombe d'Eustachio, membrana mucosa, polmoni

C5 – corde vocali, linfonodi, faringe

C6 – muscoli del collo, spalle, tonsille

C7 – tiroide, borse delle spalle, gomiti
T1 – avambracci, polsi, mani, esofago, trachea, cuore

T2 – cuore, polmoni, bronchi

T3 – polmoni, bronchi, pleura, torace, seno, cuore

T4 – colecisti, coledoco, cuore, polmoni, bronchi

T5 – fegato, plesso solare, circolazione generale, cuore, esofago, stomaco

T6 – stomaco, esofago, peritoneo, fegato, duodeno

T7 – pancreas, duodeno, stomaco, fegato, milza, colecisti, peritoneo

T8 – milza, stomaco, fegato, pancreas, colecisti, cort. surrenale, intestino piccolo, piloro

T9 – cort. surrenale, pancreas, milza, colecisti, ovaie, intestino piccolo

T10 – reni, appendice, testicoli, ovaie, utero, cort. surrenale, milza, pancreas, int. grosso

T11 - reni, ureteri, int. grosso, vescica, cort. surrenale, utero, ovaie

T12 - int. piccolo, dotti linfatici, int. grosso, vescica, utero, reni

L1 - int.grosso, canali inguinali, utero

L2 - appendice, addome, coscia, vescica

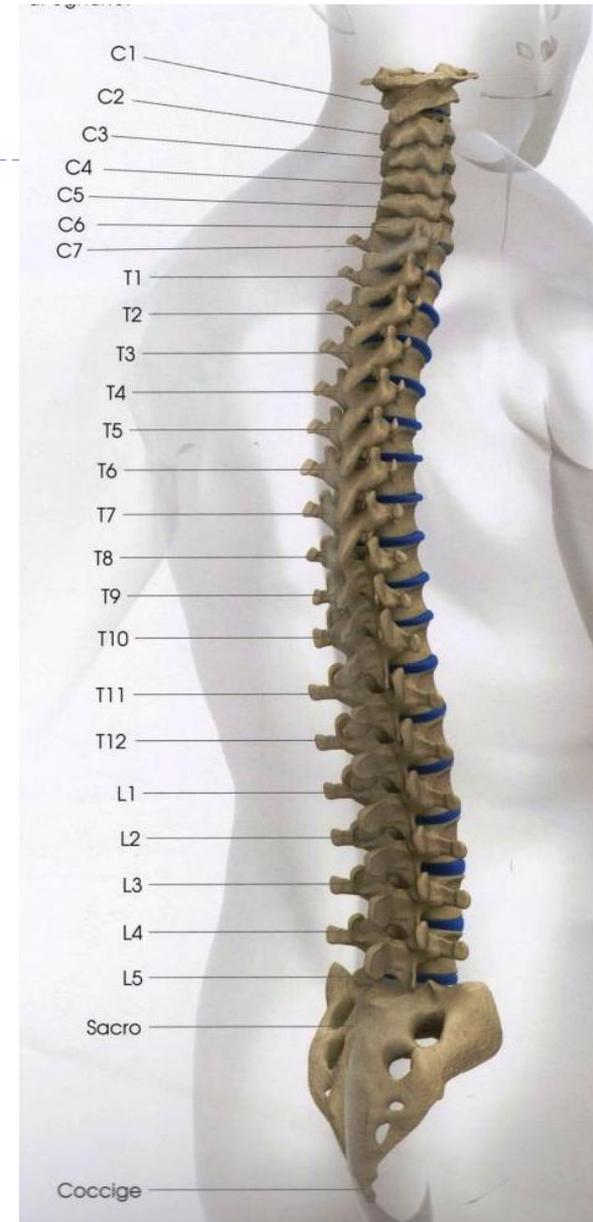
L3 - organi sessuali, otero, vescichette seminali, ginocchio, prostata, int.grosso

L4 – prostata, muscoli bassa schiena, nervo sciatico

L5 - gamba bassa, caviglia, piede, prostata

Sacro – ileo, natiche, retto, genitali, vescica, prostata

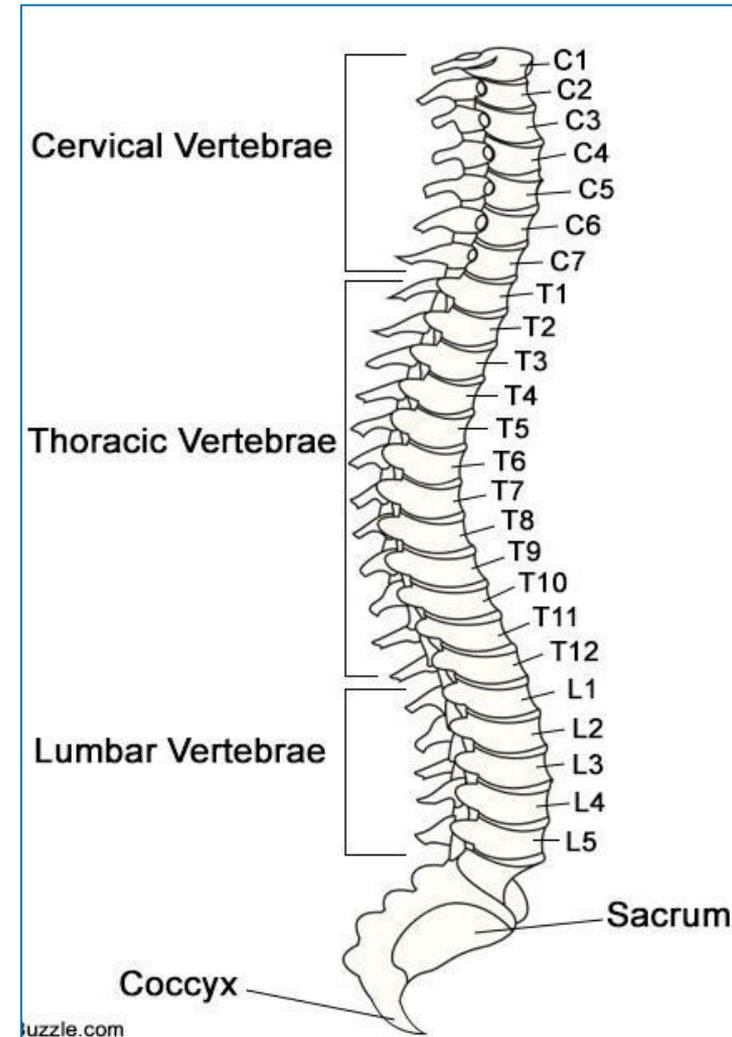
Coccige - retto, ano



Riabilitazione robotizzata

La classificazione ASIA (American Spinal Injury Association):

- A. Non si osserva alcuna funzione motoria o sensoriale sotto il livello della lesione
- B. Alcuni input sensoriali, ma nessuna funzione motoria sotto la lesione
- C. Una perdita di funzione motoria (circa la metà) cioè metà dei maggiori gruppi muscolari non hanno forza sufficiente a contrastare la gravità
- D. Una certa funzionalità motoria è presente sotto la lesione e rimane la capacità di muovere gli arti contro la gravità
- E. I sistemi motorio e sensoriale appaiono normalmente funzionanti



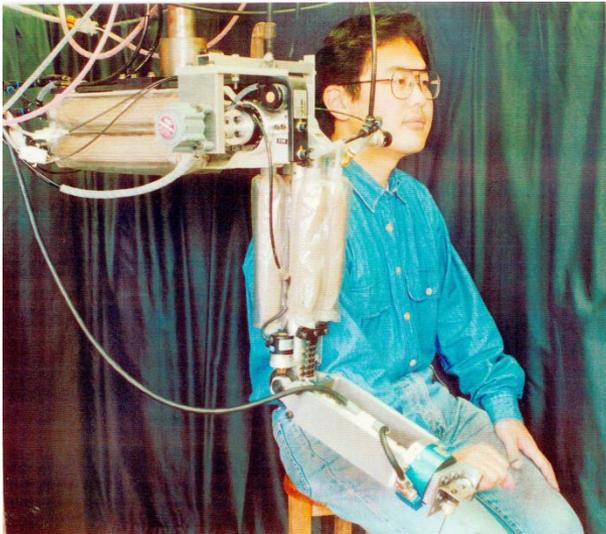
Riabilitazione robotizzata

- ▶ Cause di disabilità di origine neurologica: stroke, trauma cranico, mielolesione, ...
- ▶ Italia: 200.000 casi/anno di ictus, 30% sopravvive con esiti gravemente invalidanti.
- ▶ Neuroplasticità: capacità del SNC di operare modificazioni strutturali e funzionali in risposta a stimoli ambientali
- ▶ Un compito specifico ripetitivo, anche passivo, può favorire la riacquisizione di funzionalità motorie compromesse da lesioni del SNC
- ▶ Riabilitazione: riproducendo schemi motori fisiologici favorisce il recupero di funzioni motorie e cognitive
- ▶ Altri benefici (anche per pazienti il cui cammino è irrimediabilmente compromesso): supporto del sistema cardiocircolatorio, funzionamento degli organi interni, riduzione della spasticità e della contrattura articolare, prevenzione dell'osteoporosi
- ▶ Attività molto gravosa per il fisioterapista, sia in termini di tempo sia in termini di fatica; questo riduce il numero di pazienti che possono essere trattati



Riabilitazione robotizzata

- ▶ Strumenti robotizzati: affiancano e sostituiscono il terapeuta nelle operazioni più gravose e ripetitive
- ▶ Macchine complesse e flessibili per adattarsi al paziente, al suo grado di disabilità, proporre movimenti simili a quelli fisiologici, fornire informazioni per la valutazione quantitativa del recupero motorio
- ▶ Azionamento pneumatico: permette un controllo agevole delle forze scambiate tra uomo e macchina
- ▶ Azionamento elettrico: migliore controllo del movimento



Lokomat

- ▶ Produttore: Hokoma (Svizzera)
- ▶ Utilizzato per trattamento a seguito di:
 - ▶ Stroke (CVA)
 - ▶ Sclerosi multipla (MS)
 - ▶ Cerebral Palsy (CP)
 - ▶ Parkinson
 - ▶ Mielolesione completa ed incompleta
 - ▶ Trauma cranico
- ▶ Vengono attuati i movimenti di flessione-estensione delle articolazioni di anca e di ginocchio, mentre la flessione plantare del piede viene limitata da vincoli elastici
- ▶ L'ortesi è usata in abbinamento a un tapis roulant
- ▶ Ogni arto inferiore prevede due segmenti, femorale e tibiale, le due articolazioni sono costituite da cerniere cilindriche. Il sistema di attuazione utilizza motori elettrici in corrente continua
- ▶ Lo sgravio parziale o completo del peso del paziente avviene mediante un sistema di carrucole e contrappesi
- ▶ Una struttura a parallelogramma articolato collega l'ortesi al telaio fisso. Serve per bilanciare il peso dell'ortesi e mantenere in posizione verticale il paziente durante il cammino
- ▶ Il sistema di controllo realizza uno schema di passo più vicino possibile a quello fisiologico del paziente e coordina la velocità dell'ortesi con quella del tapis roulant



Sistemi aptici

- ▶ Il termine “aptico” deriva dal Greco ἅπτω, che significa “toccare”.
- ▶ Attualmente esistono diversi sistemi tecnologici che forniscono informazioni ai sensi della vista e dell’udito.
- ▶ I Sistemi aptici si interfacciano con il terzo senso umano: il tatto.
- ▶ Il tatto in realtà considera due generi di informazioni:
 - ▶ **Informazioni tattili**, che si riferiscono alla natura del contatto con l’oggetto (scabrezza, vibrazione, temperatura, umidità, ecc,) mediata dalla risposta di meccanorecettori a basso livello che innervano la pelle
 - ▶ **Informazioni cinestetiche** (dimensioni, forma, peso) che si riferiscono alla percezione della posizione e il movimento degli arti e delle corrispondenti forze rilevate da determinati recettori

Sistemi aptici

L'**Aptica** è definita come la “**scienza dell'applicazione di sensazioni tattili nell'interazione uomo-computer**”.

Permette un'interazione fisica con un ambiente **reale, virtuale o remoto**.

L'aptica permette all'operatore di **sentire** e manipolare oggetti tridimensionali virtuali con riferimento a caratteristiche come **forma, peso, cedevolezza, ruvidità e temperatura**.

Una **Interfaccia Aptica** implica un **contatto fisico** tra il computer e l'operatore, consente una comunicazione uomo-macchina tramite il tatto.

Usando una interfaccia aptica l'utente può non solo **inviare informazioni al computer**, ma anche **ricevere informazioni dal computer** sotto forma di **sensazioni tattili** su certe parti del corpo.

Le interfacce aptiche permettono così interazione fisica con **ambienti virtuali** o con **sistemi remoti telecontrollati**

Sistemi aptici

Per poter interagire con un ambiente (reale o virtuale), deve esistere un **feedback**. Aptica significa interazione con feedback sia *tattile* sia *cinestetico*

La **Teleoperazione** permette di controllare un sistema remoto, che replica (anche con un fattore di scala) i movimenti imposti da un operatore ad un dispositivo di comando (joystick, guanto, ...). Il dispositivo di comando (**master**) restituisce all'operatore una sensazione tattile/cinestetica (forza, vibrazione, ...) che descrive l'interazione del sistema remoto (**slave**) con l'ambiente. Quando una sufficiente quantità di *informazioni sensoriali* (visione, suono, forza) giunge all'operatore dalla parte remota, egli si sente fisicamente presente nel luogo remoto (**telepresenza**)

La **Presenza Virtuale** : è simile alla telepresenza, salvo il fatto che le *informazioni sensoriali* sono generate artificialmente dal computer.

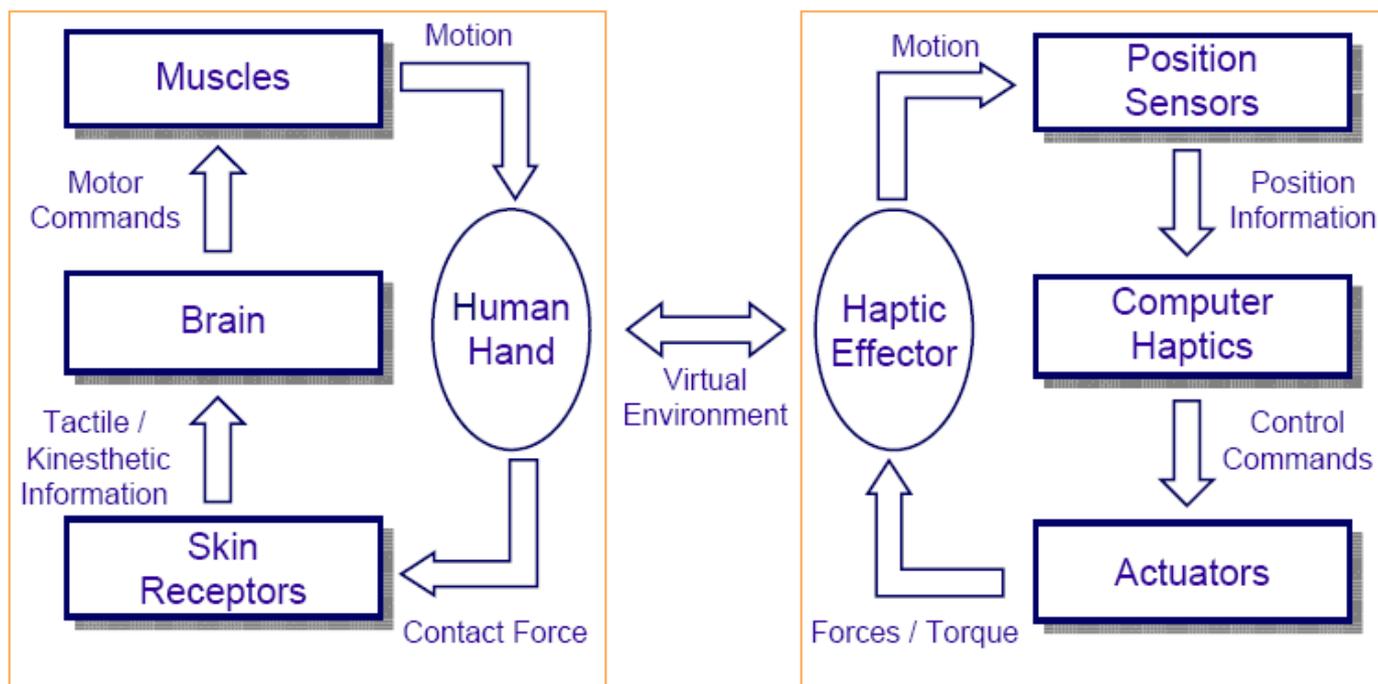
Applicazioni:

- **Simulatori**
- **Riabilitazione**
- **Giochi**

Sistemi aptici

Componenti di base dell'interfaccia aptica:

- **Sensori di posizione** per rilevare il movimento della mano umana
- **Elettronica** per controllare sensori e attuatori
- **Equazioni e algoritmi software** per creare l'ambiente virtuale
- **Attuatori e trasmissioni** per generare la stimolazione fisica



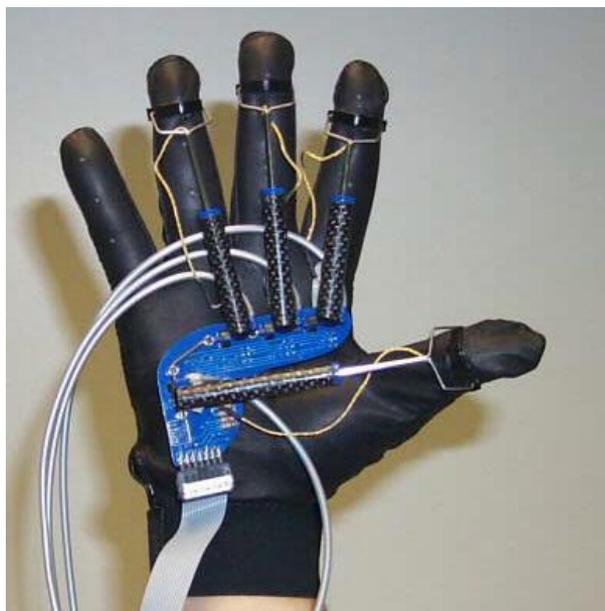
Sistemi aptici

Rutgers Master II-ND

CAIP Center, Rutgers University, Piscataway, NJ

Guanto con riflessione di forza

Attuatori pneumatici agiscono in definite zone della mano



Il dispositivo, leggero e portatile, permette di simulare l'afferraggio di oggetti virtuali
Può essere usato per la riabilitazione della mano

Sistemi aptici

CyberGlove-CyberGrasp

CyberGlove Systems, San Jose, CA

Il CyberGlove è un guanto a 22 GDL con sensori flessibili che misurano posizione e movimento di dita e polso

Il CyberGrasp è un esoscheletro leggero che si installa sopra il CyberGlove e fornisce una riflessione di forza ad ogni dito



Le forze degli attuatori elettrici sono trasmesse alle dita tramite una rete di tendini

E' possibile percepire la forma e le dimensioni di oggetti 3D generati in un ambiente virtuale dal computer di controllo

Sistemi aptici

Master Arm

Systems Lab, Southern Methodist University, Dallas, TX

Interfaccia aptica pneumatica: consiste di un manipolatore di alluminio con quattro giunti rotoidali.

Insegue il movimento di spalla e gomito, applicando forze tramite attuatori pneumatici

Registra il movimento dell'arto umano presentando una minima resistenza, lo comunica all'ambiente virtuale ed applica le forze d'interazione virtuali all'arto del'operatore umano.

Il feedback sensoriale è generato tramite i momenti sui giunti della struttura e consiste in una forza generalizzata (6 componenti) focalizzata su uno **Hot Spot** posizionato sulla nocca del dito medio della mano virtuale

L'operatore umano percepisce l'interazione solo quando l'**Hot Spot** viene a contatto con un oggetto virtuale



Sistemi aptici

Rutgers Ankle Haptic Interface

CAIP Center, Rutgers University, Piscataway NJ

Per la riabilitazione della caviglia

Il piede viene fissato alla piattaforma di un manipolatore a 6 gradi di libertà (piattaforma di Stewart) azionato da 6 attuatori lineari pneumatici.

Il paziente muove il piede, la posizione e l'orientamento di quest'ultimo sono valutati da sensori e utilizzati per guidare l'immagine di un aereo attraverso un determinato percorso.

Gli errori di guida sono manifestati al paziente attraverso le forze e i momenti applicati dai 6 attuatori sul piede e proporzionali agli errori di pilotaggio.



Riferimenti e link

- ▶ <http://berkeleybionics.com/>
- ▶ <http://www.argomedtec.com/>
- ▶ <http://www.cyberdyne.jp/english/>
- ▶ <http://www.hocoma.com/en/>
- ▶ [^ Pons, J. L.. "Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons".
<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470512946.html>](http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470512946.html)

Licenza d'uso



- ▶ Queste diapositive sono distribuite con licenza Creative Commons “Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia (CC BY-NC-SA 2.5)”
- ▶ Sei libero:
 - ▶ di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera
 - ▶ di modificare quest'opera
- ▶ Alle seguenti condizioni:
 - ▶ Attribuzione — Devi attribuire la paternità dell'opera agli autori originali e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera.
 - ▶ Non commerciale — Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.
 - ▶ Condividi allo stesso modo — Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica o equivalente a questa.
- ▶ <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/it/>

