

Intelligenza artificiale e robotica per la medicina

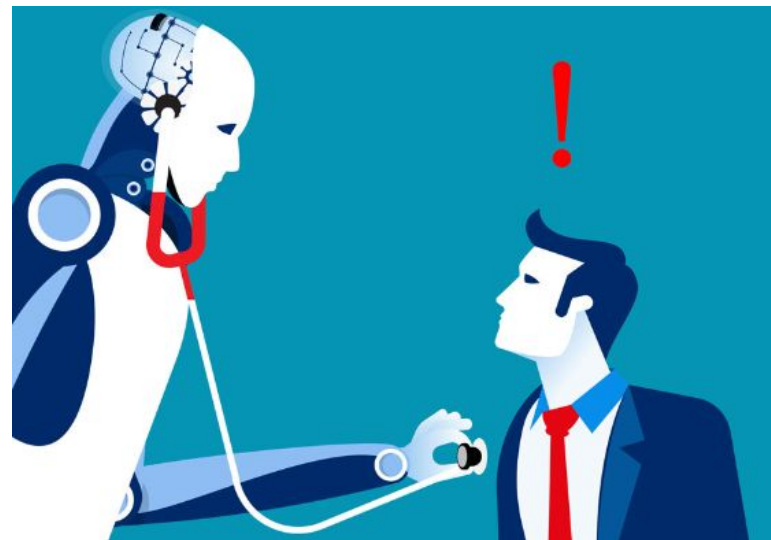
Mario Fiorino

Incontro del 19 dicembre 2023, Percorso Future Internet 2023,
presso l'Università Giustino Fortunato

Contenuti della Presentazione



1. Introduzione alla robotica generale
2. La robotica in medicina: motivazioni
3. Principali ambiti applicativi dell'AI e della robotica in medicina.



Che cos'è un Robot?

Un **robot** è un dispositivo meccanico ed elettronico in grado di eseguire automaticamente e autonomamente delle azioni secondo un programma prestabilito.

Le radici culturali sono antichissime: Erone di Alessandria, III sec. a.C., matematico ed ingegnere, scrisse un trattato sull'arte di fabbricare automi.



La **robotica moderna**, è una scienza interdisciplinare (cioè coinvolgere molteplici conoscenze), ha come obiettivo lo studio di macchine che possano **supportare o sostituire l'uomo nell'esecuzione di un compito, sia in termini fisici che decisionali** (elaborazione intelligente delle informazioni).

Inizio delle robotica moderna

I primi robot come li conosciamo oggi sono stati creati negli anni '50.

Furono usati per la prima volta nell'industria automobilistica per automatizzare i processi di lavorazione dei metalli e di saldatura.



Ultimi sviluppi delle robotica moderna

Negli ultimi anni, la robotica ha registrato una crescita esponenziale, con nuove applicazioni in settori sempre più diversi, dalla guida autonoma alla collaborazione uomo-macchina

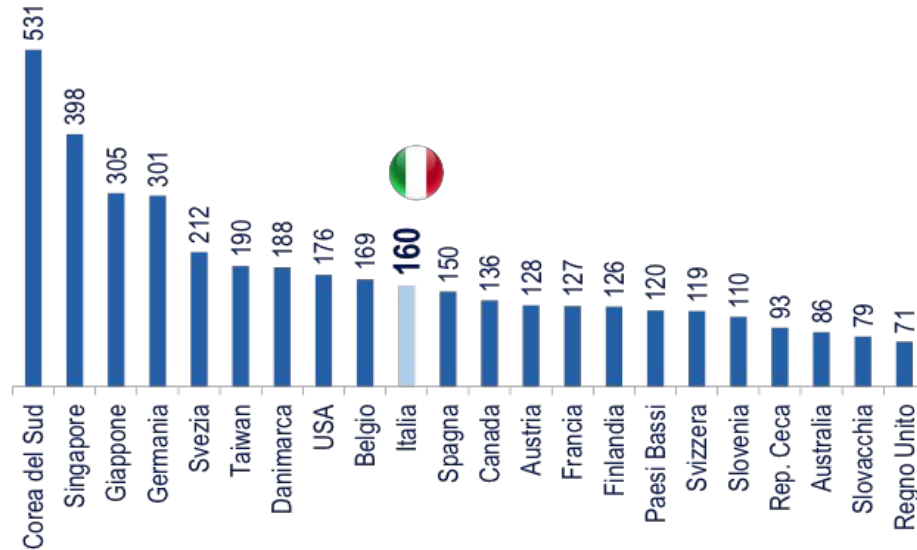
Diventando sempre più simile agli umani!



Diffusione della robotica

Per avere un'idea della densità robotica, nei paesi maggiormente industrializzati. Espressa come numero di unità robotiche ogni 10.000 lavoratori umani.

In Italia : $10.000 / 160 = 62.5$, c'è più di un robot ogni 62 lavoratori!



Domini di applicazione: Robotica industriale

I robot industriali sono macchine automatizzate progettate **per svolgere compiti ripetitivi, con precisione e velocità.**

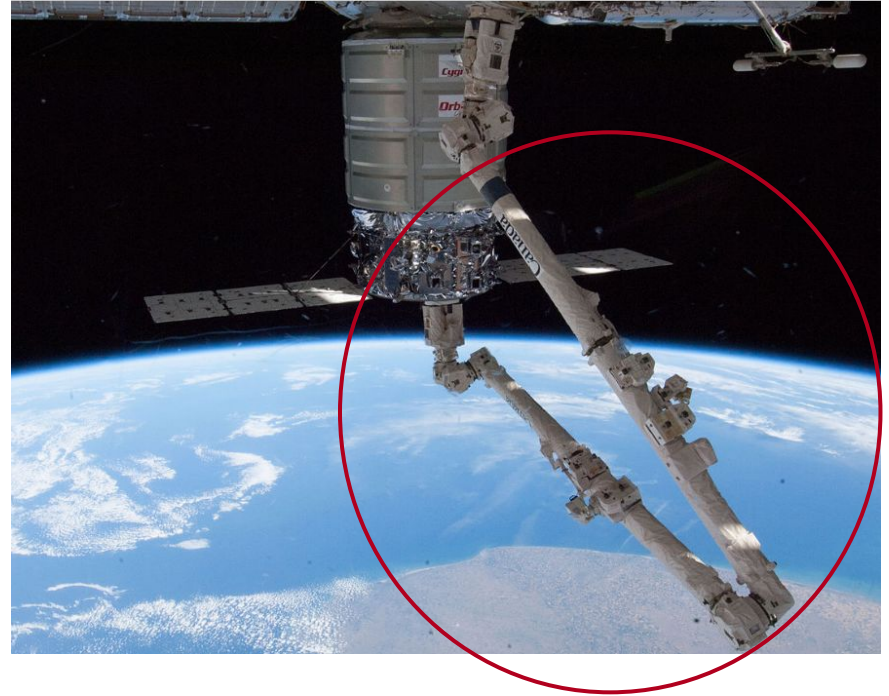
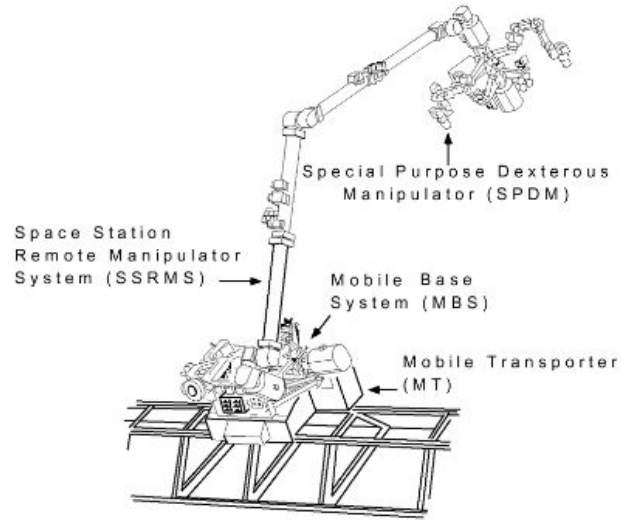
Sono utilizzati in un'ampia gamma di settori, da quello automobilistico e manifatturiero

<https://www.youtube.com/watch?v=mtxMYJz4v2Y>



Robotica spaziale

Braccio robotico che trasporta
oggetti a gravità zero



Robot: il futuro dell'intrattenimento

I robot di intrattenimento sono progettati per divertire e intrattenere le persone (non per usi utilitari)



Robotica medica

Dai robot per la chirurgia, ..., ai robot assistivi



Robotica umanoide

I robot umanoidi sono robot che imitano la forma e il comportamento umani.

Sono progettati principalmente per :

- operare nella maggior parte degli ambienti in cui operano gli umani
- interagire con gli esseri umani

Esempio interessante, Atlas della Boston Dynamics:

<https://www.youtube.com/watch?v=fn3KWM1kuAw>

Robotica umanoide : Ameca

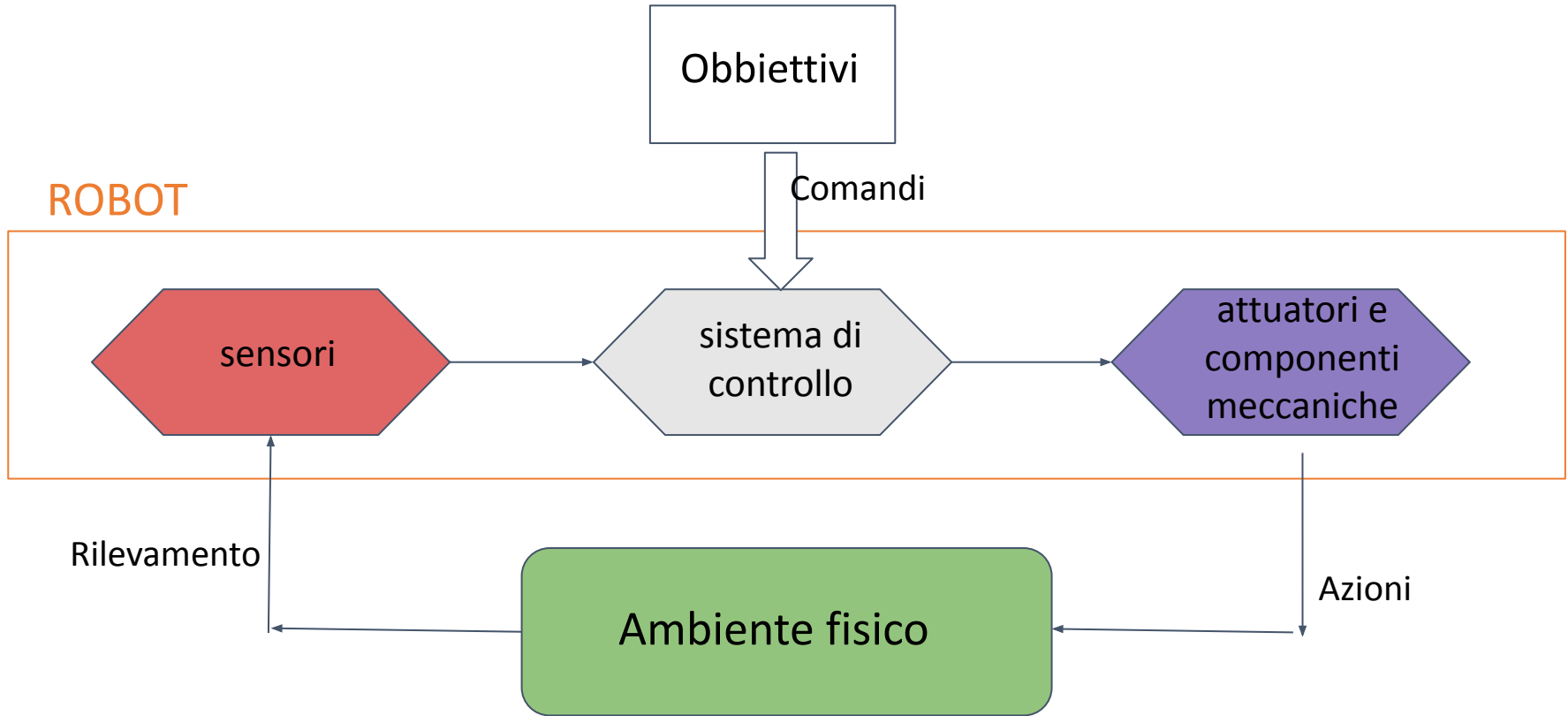
Ameca è il robot umanoide più avanzato mai realizzato fino ad ora
(società produttrice : Engineered Arts)

Video, presentazione :

https://www.youtube.com/watch?v=4V_aQlpRHlQ

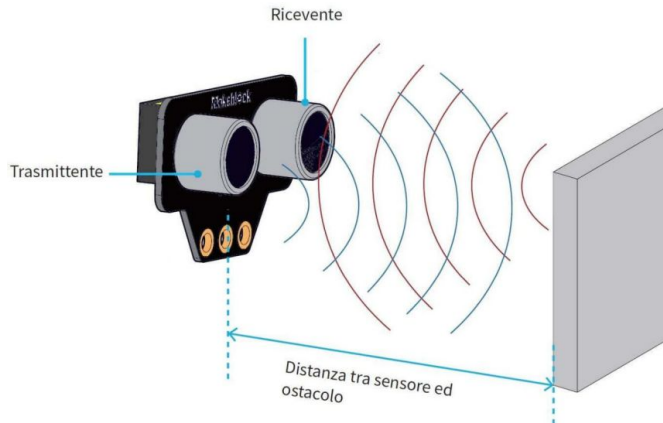
Video, intervista : <https://www.youtube.com/watch?v=yUszJyS3d7A>

Schema generale di ogni robot



Sensori

Sonar (SOund NAvigation and Ranging) : Usano impulsi acustici e i loro echi per misurare la distanza dagli oggetti.

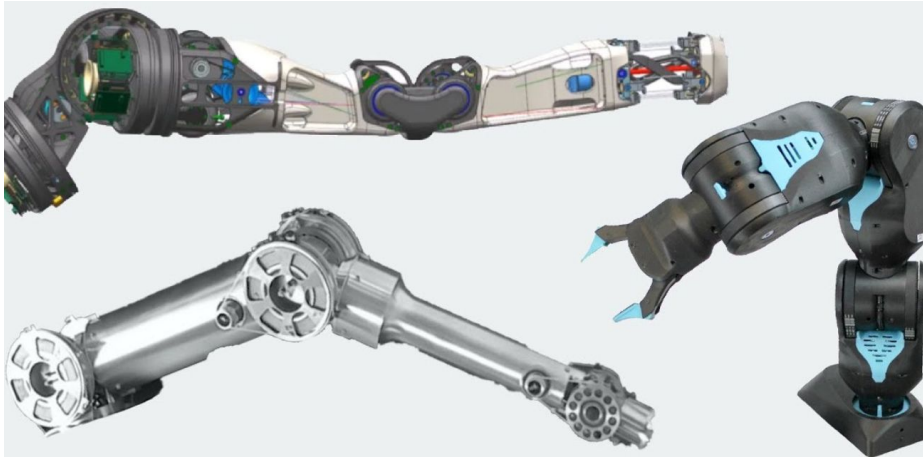


Sensori di visione : Telecamere RGB



Componenti meccaniche - Attuatori

La **struttura meccanica fisica** è centrale affinché un robot possa realizzare gli scopi per cui è stato progettato.



Attuatori: sono i motori (oggi elettrici) che permettono il movimento



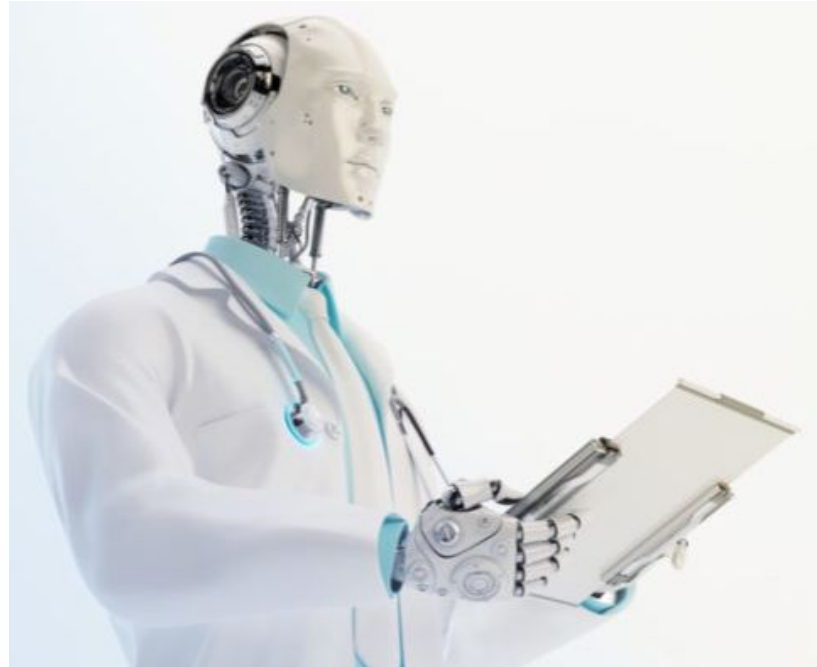
Sistema di controllo

Responsabile dell'elaborazione dell'informazione e della generazione dei comandi che controllano i movimenti del robot

I sistemi di controllo sono realizzati su un **hardware** opportuno, costituito tipicamente da uno o più microcalcolatori con sufficiente capacità di memoria; tramite un **software**, che consiste essenzialmente in algoritmi di calcolo codificati in linguaggi di programmazione.



Perché usare i robot in medicina, quali sono secondo voi i principali vantaggi?



La robotica in medicina: vantaggi

In generale, i vantaggi offerti dai robot medici possono essere suddivisi in tre aree.

- **un robot può migliorare le capacità tecniche dei medici.**
- **minima invasività**
- **accesso remoto all'assistenza specialistica**



Robot per potenziare le capacità tecniche dei medici

Punti di forza dell'essere umano rispetto un automa:

- alte capacità interpretativa delle situazioni in tempo reale,
- alta sensibilità tattile

Punti deboli dell'essere umano :

- soggetti a fatica e distrazione, nel tempo le loro prestazioni diminuiscono,
- scarsa precisione nel movimento geometrico delle mani,
- non possono vedere attraverso i tessuti ed hanno un'accuratezza visiva limitata,
- soggetti a radiazioni o infezioni batteriche

Robot per potenziare le capacità tecniche dei medici

Punti di forza del robot :

- precisione geometrica,
- infaticabili e stabili,
- immuni alle radiazioni ionizzanti e virus o batteri
- capacità di visione avanzate (esempio uso Radiografie 3D TAC)

Punti deboli (attuali 2023, molti di questi saranno superati a breve) del robot :

- difficoltà adattarsi a nuove situazioni,
- autonomia di giudizio limitata,
- sensibilità tattile limitata.

➤ *L'integrazione uomo-robot consente di compensare le debolezze di entrambi!*

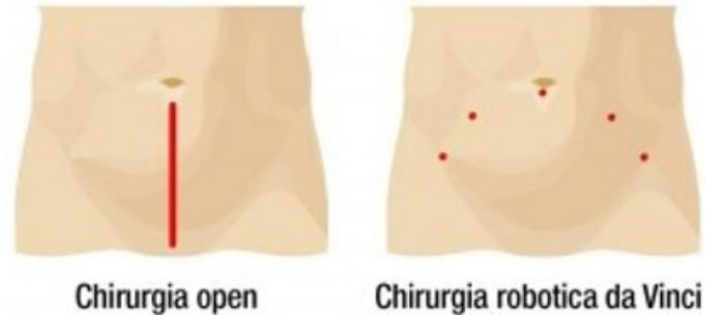
Minima invasività

La robotica medica consente procedure di diagnosi e interventi meno invasivi:

- in cui sono necessarie incisioni più piccole.
- con la possibilità di accedere a parti del corpo che sarebbero altrimenti difficili da raggiungere nella medicina tradizionale

Ciò si traduce in:

- meno dolore,
- cicatrici ridotte,
- minori rischi di complicazioni
- tempi di recupero più rapidi.



Dispositivi di telemedicina

I robot medici possono consentire a specialisti di **fornire assistenza** (visitare ed intervenire!) **a distanza**, dando risposte tempestive e di qualità ai pazienti anche in aree remote o inaccessibili.



Dispositivi di telemedicina

Nel 2019, in Cina è stato testato con successo la prima apparecchiatura di chirurgia remota al mondo utilizzando la tecnologia di rete mobile 5G.

Un medico ha operato un animale da laboratorio in una località remota, a 50 km di distanza, controllando bracci chirurgici robotici tramite una connessione 5G.

Il seguente video ci fornisce un resoconto di come si sono svolte le cose:

<https://www.youtube.com/watch?v=yFR61jjL1vo>



Aree applicative della robotica medica

Oggi le principali aree applicative della robotica medica sono

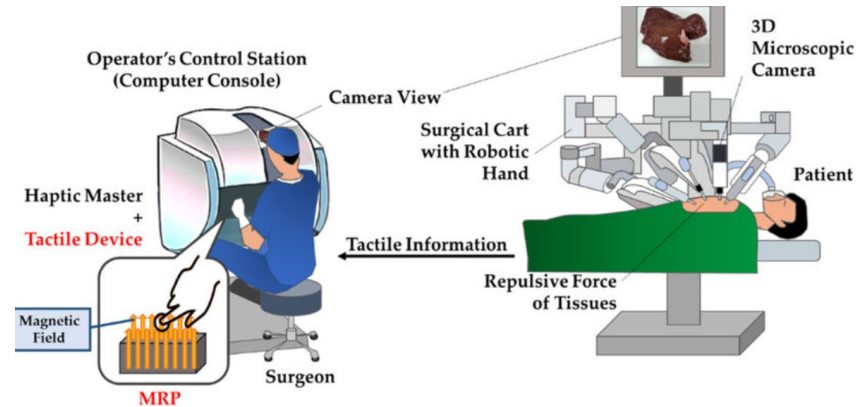
- Chirurgia robotica (o conosciuta anche come: chirurgia assistita da robot)
- Radioterapia robotica
- Robotica riabilitativa
- Robot per l'assistenza
- Protesi robotiche

Robot per la chirurgia

La chirurgia robotica consente ai medici di eseguire molti tipi di procedure complesse **con una precisione, flessibilità e controllo maggiori rispetto alle tecniche convenzionali!**

In questo video un esempio di cosa stiamo parlando:

https://www.youtube.com/watch?v=mW2EVW_aUJA



Ritenete fattibile, che un robot possa eseguire con successo un intervento senza l'ausilio dell'intervento umano?



Sistemi robotici chirurgici autonomi

Oggi, la totalità delle piattaforme robot commerciali non ha autonomia decisionale. Il robot può fornire solo assistenza al chirurgo.

A livello sperimentale ci sono delle novità:

Negli Stati Uniti, alla Johns Hopkins University, nel 2022, il robot **STAR**: Smart Tissue Autonomous Robot, ha eseguito per quattro volte un intervento sull'intestino dei maiali, **in totale autonomia, ovvero senza alcun supporto o guida umana**; ed avrebbe fatto anche meglio dei chirurghi umani!

Ref Bibl : <https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.abj2908>

Radioterapia robotica

La radioterapia è un metodo che **utilizza radiazioni ionizzanti per trattare i tumori** e altre lesioni con l'obiettivo di distruggerli o ridurne le dimensioni.

Perché usare i robot in radioterapia?



Radioterapia robotica

I robot sono in grado di **somministrare dosi elevate di radiazioni con precisione sub-millimetrica**, anche in zone del corpo difficili da raggiungere!

➤ **Questo riduce il rischio di danni ai tessuti sani.**

In questo video una breve introduzione al sistema CyberKnife:

https://www.youtube.com/watch?v=mcC0_azJ0rw



Robotica riabilitativa

Il campo della robotica riabilitativa si concentra sullo sviluppo di sistemi robotici che forniscono **terapie per migliorare le funzioni fisiche e cognitive**, danneggiate da incidenti o malattie.

La riabilitazione è un processo meccanico e ripetitivo che richiede un grande sforzo fisico.

➤ Questo la rende ideale per essere automatizzata con l'aiuto della robotica!



Riabilitazione della mano in realtà virtuale

Nel video un sistema a realtà virtuale progettato per aiutare i pazienti con lesioni alle mani a recuperare la funzionalità.

<https://www.youtube.com/watch?v=k2nuXX2thBA>

Per i più curiosi il sistema è composto:

- da un guanto per la realtà virtuale Cyberglove (sistema di rilevamento del movimento della mano),
- dall'esoscheletro Cybergrasp (leggero esoscheletro che si monta direttamente sul dorso del guanto virtuale, e permette di implementare il ritorno in forza ad ogni dito della mano),
- dal supporto in acciaio Cyberforce-armature (un supporto è in grado di simulare il peso degli oggetti)



Robotica assistiva

Sono progettati **per aiutare le persone con disabilità fisiche o limitazioni motorie a svolgere attività quotidiane basilari** come mangiare, vestirsi, muoversi, ... , o **lavorative**.

Partendo da prototipi e progetti di robotica assistiva, oggi siamo arrivati a progettare robot come Moley Robotic Kitchen:

<https://www.youtube.com/watch?v=i1GVwbYURuQ>



Robotica assistiva

Esistono anche tipi di robot assistivi **progettati per interazione fisica con uomo**; esempio per sollevare un paziente dal letto o dalla sedia a rotelle.

E' il caso di ROBEAR assomiglia a un gigantesco (pesa circa 140 chilogrammi) e gentile orso, lo scopo del suo aspetto è quello di non spaventare il paziente.

La sfida nella progettazione di ROBEAR: lo sviluppo di un sistema di controllo che potesse **gestire in modo sicuro** le complesse interazioni con le persone.

<https://www.youtube.com/watch?v=J3edDaPSdY4&t>



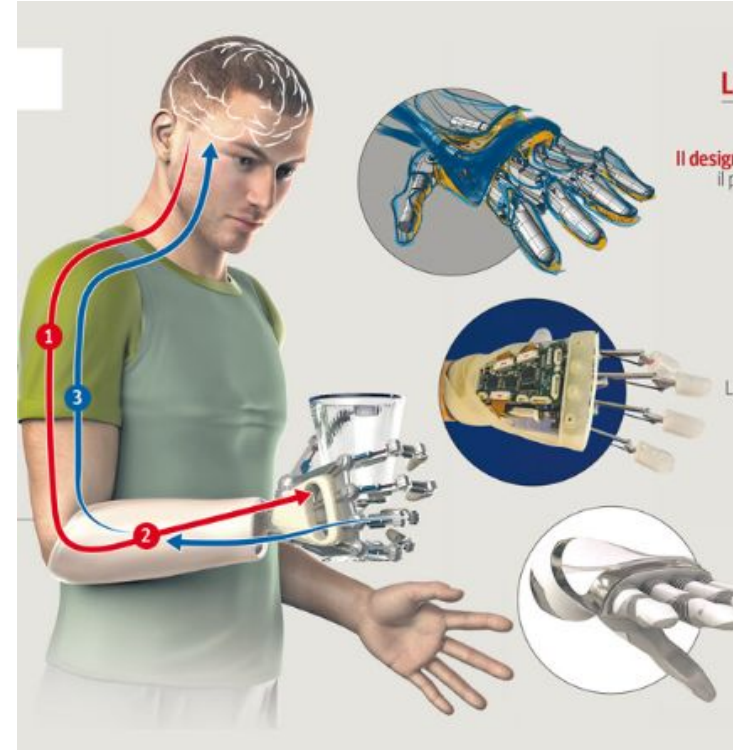
Protesi robotiche

Le protesi robotiche sono dispositivi robotici **progettati per sostituire un arto mancante o danneggiato**

- Ripristinare la funzionalità: **le protesi robotiche possono aiutare le persone a svolgere attività quotidiane** come camminare, mangiare, vestirsi
- Fornire supporto emotivo: **le protesi robotiche possono aiutare le persone a sentirsi più sicure e a proprio agio con il proprio corpo.**

In questo un arto robotico che garantisce prestazioni molto vicine a quelle della mano umana. È il progetto Soft Hand Pro :

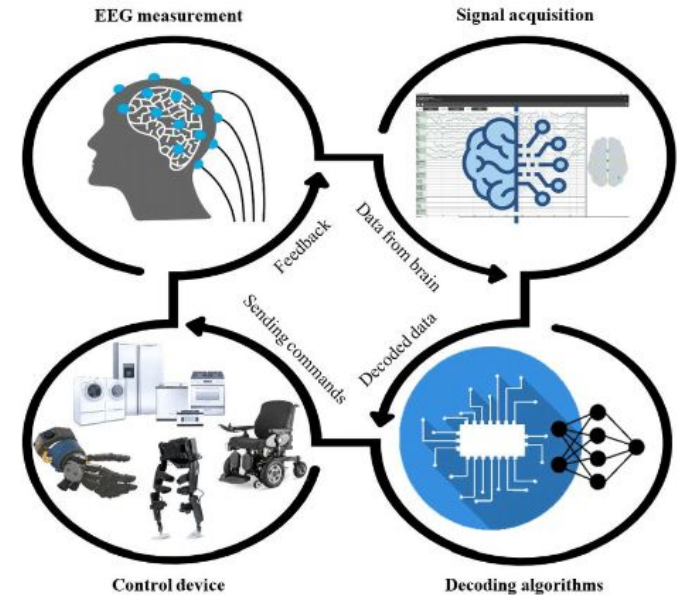
<https://www.youtube.com/watch?v=lc2oRpd6vuA>



Interfacce Cervello-Computer

Negli ultimi tempi si sta sviluppando **una tecnologia in grado di interpretare direttamente dal cervello l'intenzione di muoversi**, aprendo così la possibilità di **controllare un qualsiasi dispositivo robotico semplicemente attraverso il pensiero**.

Come si realizza?

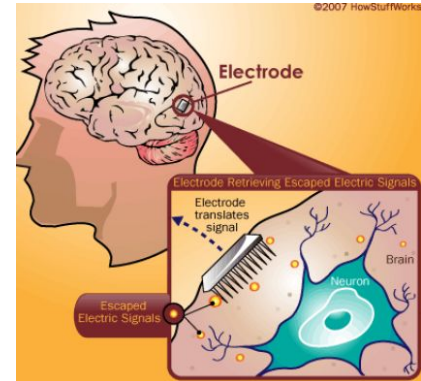
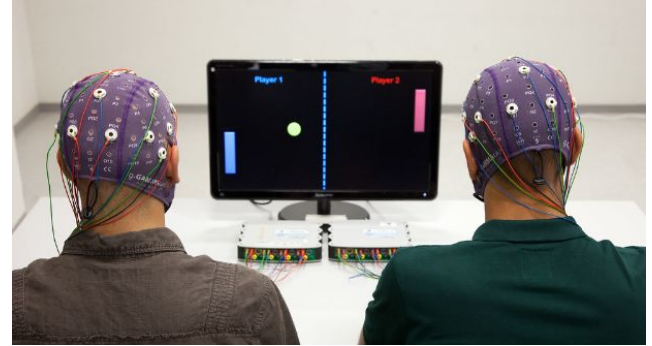


Interfacce Cervello-Computer

Ci sono due tipi di approcci:

- Negli approcci non invasivi, l'attività elettrica viene registrata dalla superficie del cranio utilizzando **un casco con elettrodi superficiali** (Casco EEG).
- Gli approcci invasivi prevedono **l'impianto di elettrodi direttamente all'interno del cervello**. Gli elettrodi impiantati all'interno del cervello possono rilevare il potenziale elettrico dai singoli neuroni.

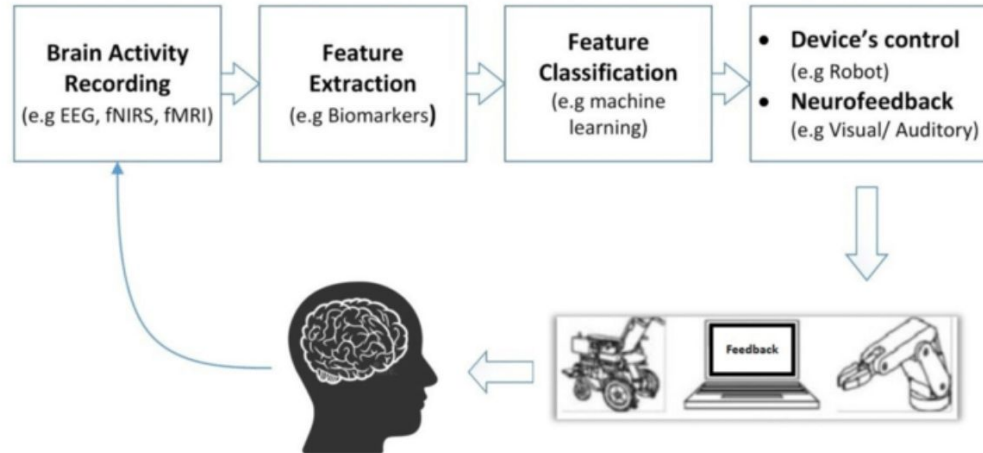
Gli individui possono imparare a controllare l'ampiezza del segnale nel tempo con una moderata quantità di pratica.



Interfacce Cervello-Computer

In questo video interessanti esempi applicativi dell'utilizzo dell'interfaccia cervello-computer

<https://www.youtube.com/watch?v=p1XQ4uxqxZI&t>

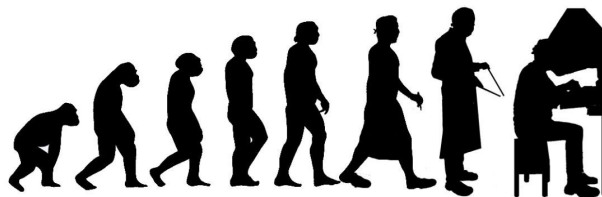


Concludendo

La robotica medica si riferisce **all'uso di robot, cioè di tecnologie robotiche e di AI nel campo della medicina e dell'assistenza sanitaria**. Queste tecnologie sono progettate:

- per aiutare gli operatori sanitari in una varietà di compiti, dalla chirurgia alla diagnosi e alla riabilitazione,
- per migliorare la vita delle persone malate o con disabilità.

Lo sviluppo di tale disciplina sta trasformando tutti gli aspetti della medicina moderna!



Grazie per l'attenzione!

Le slide saranno rese disponibili sul sito:
<https://github.com/MarioFiorino>

email : m.fiorino@unifortunato.eu
mario.fiorino@polito.it



License

- These slides are distributed under a Creative Commons license “**Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)**”
- **You are free to:**
 - **Share** — copy and redistribute the material in any medium or format
 - **Adapt** — remix, transform, and build upon the material
 - The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.
- **Under the following terms:**
 - **Attribution** — You must give [appropriate credit](#), provide a link to the license, and [indicate if changes were made](#). You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.
 - **NonCommercial** — You may not use the material for [commercial purposes](#).
 - **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the [same license](#) as the original.
 - **No additional restrictions** — You may not apply legal terms or [technological measures](#) that legally restrict others from doing anything the license permits.
- <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

