TEDH

Technology and
Design for
Healthcare

POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI DESIGN

I SISTEMI INDOSSABILI:
RICERCA, TECNOLOGIE E APPLICAZIONI

Giuseppe Andreoni

28 Settembre 2020

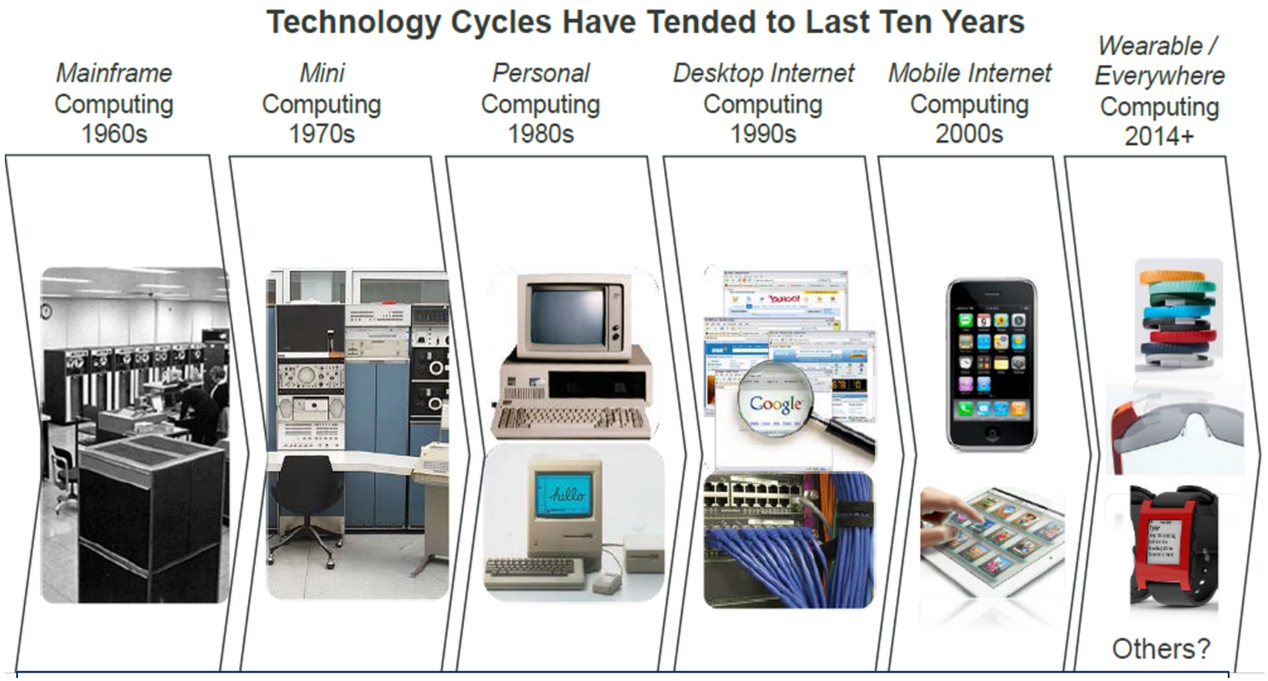
SOMMARIO

1. Introduzione
2. Il contesto e la visione dei sistemi indossabili per la salute
3. Storia, tipologie e sviluppo dei sistemi indossabili
4. Prospettive future e nuove sfide

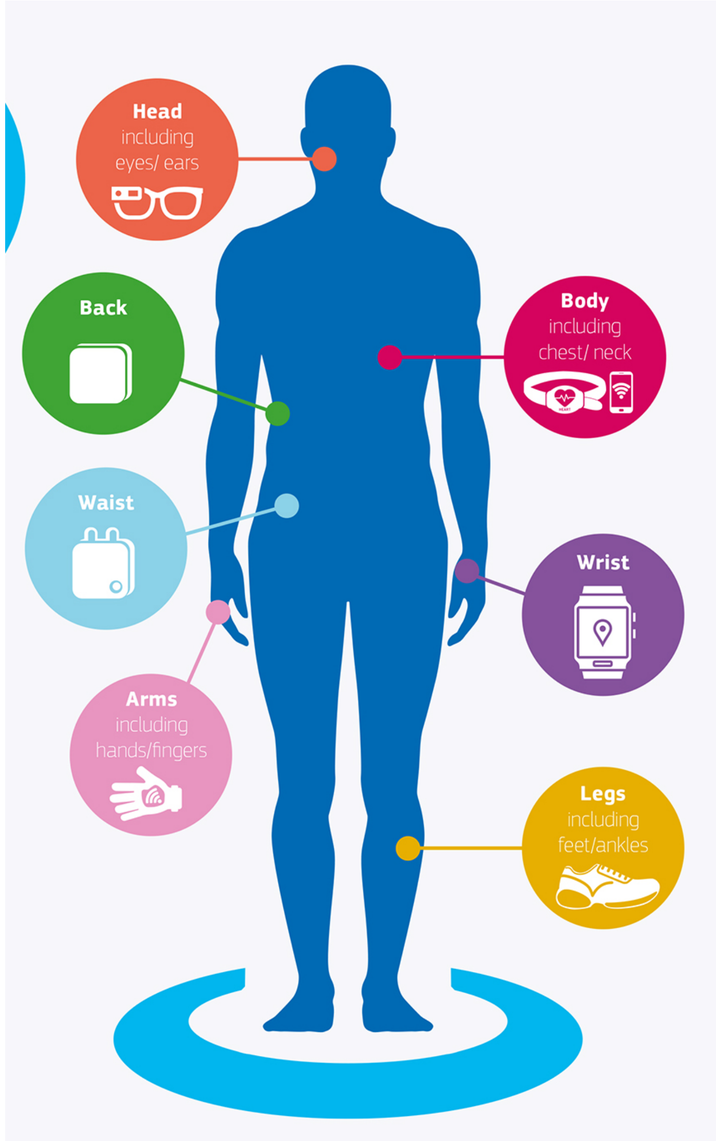
I sistemi indossabili

2015-2025: La decade dei wearable

La rapida evoluzione dei prodotti e del mercato ne hanno fatto un set di oggetti che stanno caratterizzando un’era tecnologica.



I sistemi indossabili



I sistemi indossabili sono:

Etimologicamente … sistemi wearable (indossabili)

Tecnologicamente … sistemi di misura interconnessi

Per lo Sport … assistenti alla performance

Per la Salute … assistenti a diagnosi, cura, prevenzione

SOMMARIO

1. Introduzione
2. Il contesto e la visione dei sistemi indossabili per la salute
3. Storia, tipologie e sviluppo dei sistemi indossabili
4. Prospettive future e nuove sfide

HEALTHCARE

" **HEALTH** IS A STATE OF COMPLETE PHYSICAL, MENTAL, AND SOCIAL WELL-BEING AND NOT MERELY THE ABSENCE OF DISEASE OR INFIRMITY "

— World Health Organization

Dal 1949…. ma….

FIRST OPINION

It's time to change the definition of 'health'

By CARA KIERNAN FALLON *and* JASON KARLAWISH / JULY 17, 2019

Giuseppe Andreoni

NEW HEALTH CONCEPTS

From

Evidence-Based Medicine,

to Technology-Based Medicine,

to Data Based Medicine

From ***Cure*** to ***Care***,

a global, holistic,

Person-centered approach.

Oggi, il termine HealthCare o Salute descrive un processo che fornisce un servizio clinico non più rivolto esclusivamente alla sicurezza e alla prestazione di cura, ma il trattamento al soggetto, che è e rimane il punto principale, indirizza verso la qualità della vita per lo stesso paziente, per i suoi famigliari e per tutti gli operatori sanitari che interagiscono con lui/lei ogni giorno.

Il concetto di «cura» si evolve in concetto di «Care», termine che incorpora la filosofia della qualità delle cure ovvero del «prendersi cura» di tutta la persona fragile e delle persone che con lui sono coinvolte nel sistema.

R&D FOR HEALTH

Il progetto di nuovi prodotti, sistemi, ambienti e servizi medicali rappresenta oggi una sfida assai più complessa che nel passato. Lo sviluppo tecnologico si accompagna a quello culturale e normativo: il concetto di cura, trattamento, organo artificiale o protesi non sono più rivolti alla sola efficienza clinica ma devono coinvolgere molti aspetti della sfera personale.

Giuseppe Andreoni

COME SONO CAMBIATE LE COSE

Medicina Empirica

Farmaci applicati senza discriminazione di pazienti

"One-size-fits-all" Era

Medicina Stratificata

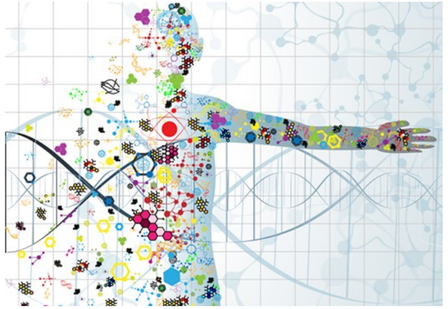
Farmaci progettati, realizzati e applicati a sottopopolazioni di pazienti

Approccio della medicina moderna

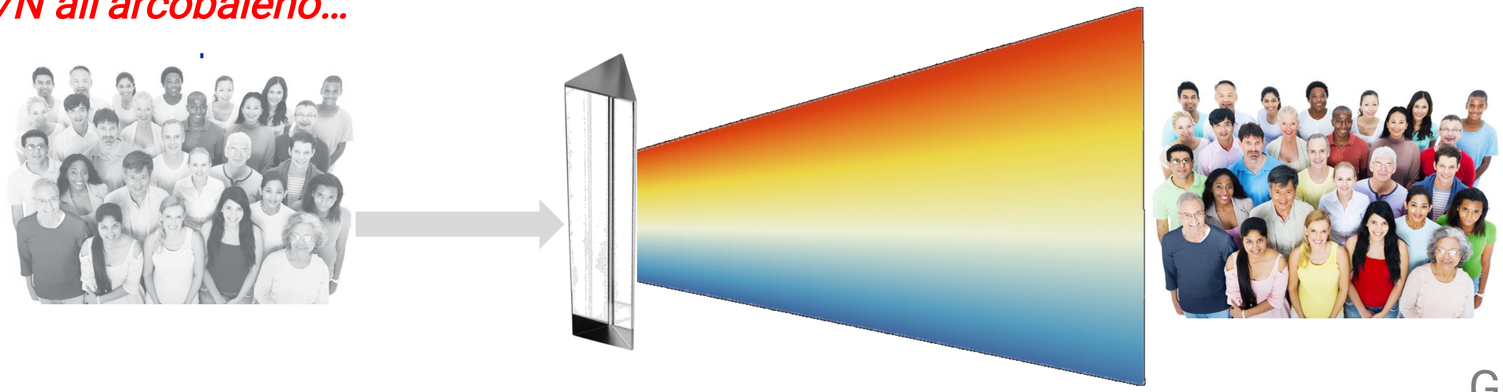
Medicina Personalizzata

Farmaci progettati, realizzati e applicati solo in singoli pazienti

Verso la medicina del futuro

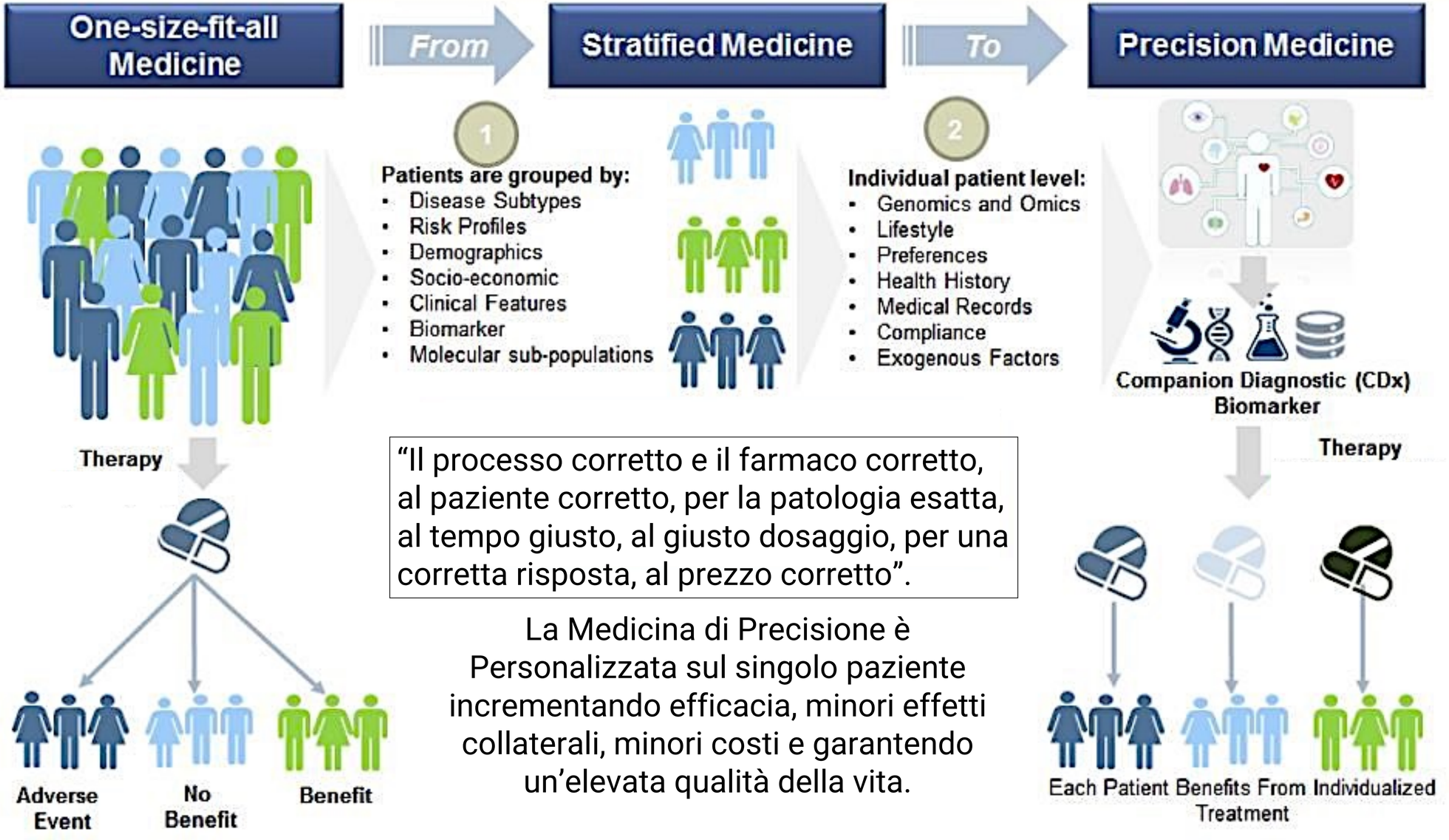


Da una medicina in B/N all'arcobaleno…



Giuseppe Andreoni

VERSO LA PERSONALIZED PRECISION MEDICINE



"Il processo corretto e il farmaco corretto, al paziente corretto, per la patologia esatta, al tempo giusto, al giusto dosaggio, per una corretta risposta, al prezzo corretto".

La Medicina di Precisione è Personalizzata sul singolo paziente incrementando efficacia, minori effetti collaterali, minori costi e garantendo un'elevata qualità della vita.

Basata sul profilo individuale molecolare la diagnostica e nuove terapie ambiscono a identificare target individuali di patologia e di cura attraverso *tecnologie, sistemi, servizi, prodotti, ambienti, materiali…*

POLITECNICO MILANO 1863

Ricerca & Innovazione Politecnica Ingegneria, Design, Architettura

Giuseppe Andreoni

HEALTHCARE 2030: P4 Medicine

Digital Transformation and trends towards Predictive, Preventive, Personalised, and Participatory Healthcare

Predictive: genetics and genomics; lifestyle

Preventive: pro-activity by users and professionals

Personalised: tailored to the individual user

Participatory: active role of patients, co-creation

User-centred and participatory design as instruments towards patient empowerment and personalised healthcare

Giuseppe Andreoni

INNOVAZIONE E SISTEMI INDOSSABILI

2 possibilità/percorsi di innovazione:

- “Application-pull", dalle necessità degli utenti a nuovi prodotti servizi mediante sviluppo di tecnologia.

- “Technology-push", dalla innovazione tecnologica a nuovi prodotti e servizi.

MEDICINA E TECNOLOGIA

Definizione dispositivi medici

Un dispositivo medico, secondo la definizione del D.Lgs 46/97, è qualsiasi strumento, apparecchio, impianto, sostanza o altro prodotto, utilizzato da solo o in combinazione (compreso il software informatico impiegato per il corretto funzionamento) e destinato dal fabbricante a essere impiegato nell'uomo a scopo di diagnosi, prevenzione, controllo, terapia o attenuazione di una malattia; di diagnosi, controllo, terapia, attenuazione o compensazione di una ferita o di un handicap; di studio, sostituzione o modifica dell'anatomia o di un processo fisiologico; di intervento sul concepimento, il quale prodotto non eserciti l'azione principale, nel o sul corpo umano, cui è destinato, con mezzi farmacologici o immunologici mediante processo metabolico ma la cui funzione possa essere coadiuvata da tali mezzi.

MEDICINA E TECNOLOGIA

Classificazione dispositivi medici

I dispositivi medici sono classificati in quattro classi in funzione della complessità e del rischio crescenti:

• **Classe I**: Dispositivi meno critici, quali la gran parte di quelli non attivi e non invasivi (all'interno della classe I sono individuabili 2 sottoclassi: la classe I sterile – quelli forniti in stato sterile – e la classe I m – quelli che svolgono una funzione di misura)

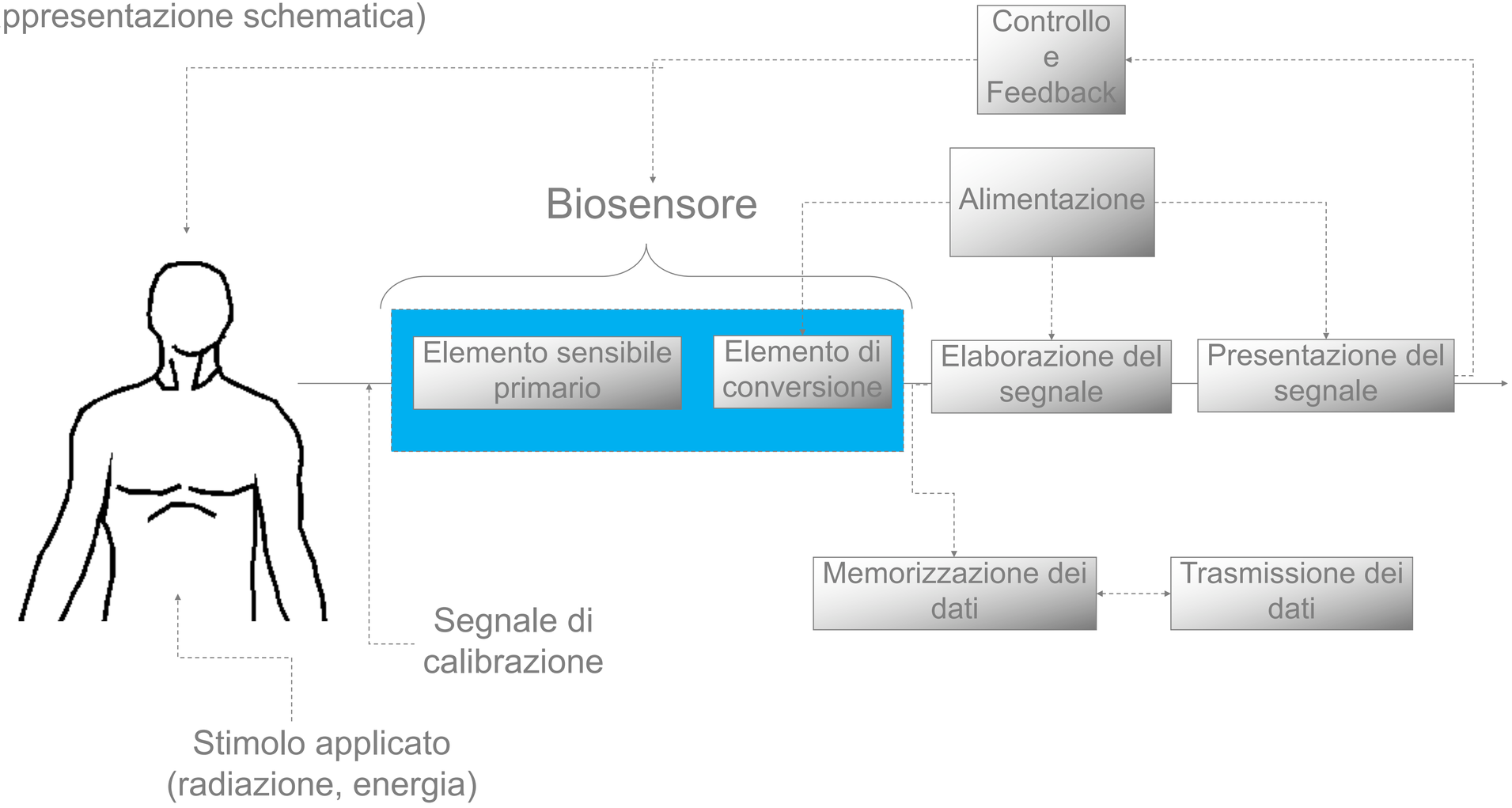
• **Classe IIa**: Dispositivi a rischio medio, quali alcuni dispositivi non attivi (invasivi e non) e dispositivi attivi che interagiscono con il corpo in maniera non pericolosa

• **Classe IIb**: Dispositivi a rischio medio/alto, quali alcuni dispositivi non attivi (specie invasivi) e dispositivi attivi che interagiscono con il corpo in maniera pericolosa

• **Classe III**: Dispositivi ad alto rischio, quali gran parte di quelli impiantabili, quelli contenenti farmaci o derivati animali e alcuni dispositivi medici che agiscono sulle funzioni di organi vitali

DISPOSITIVO MEDICO

Schema generale
(Rappresentazione schematica)

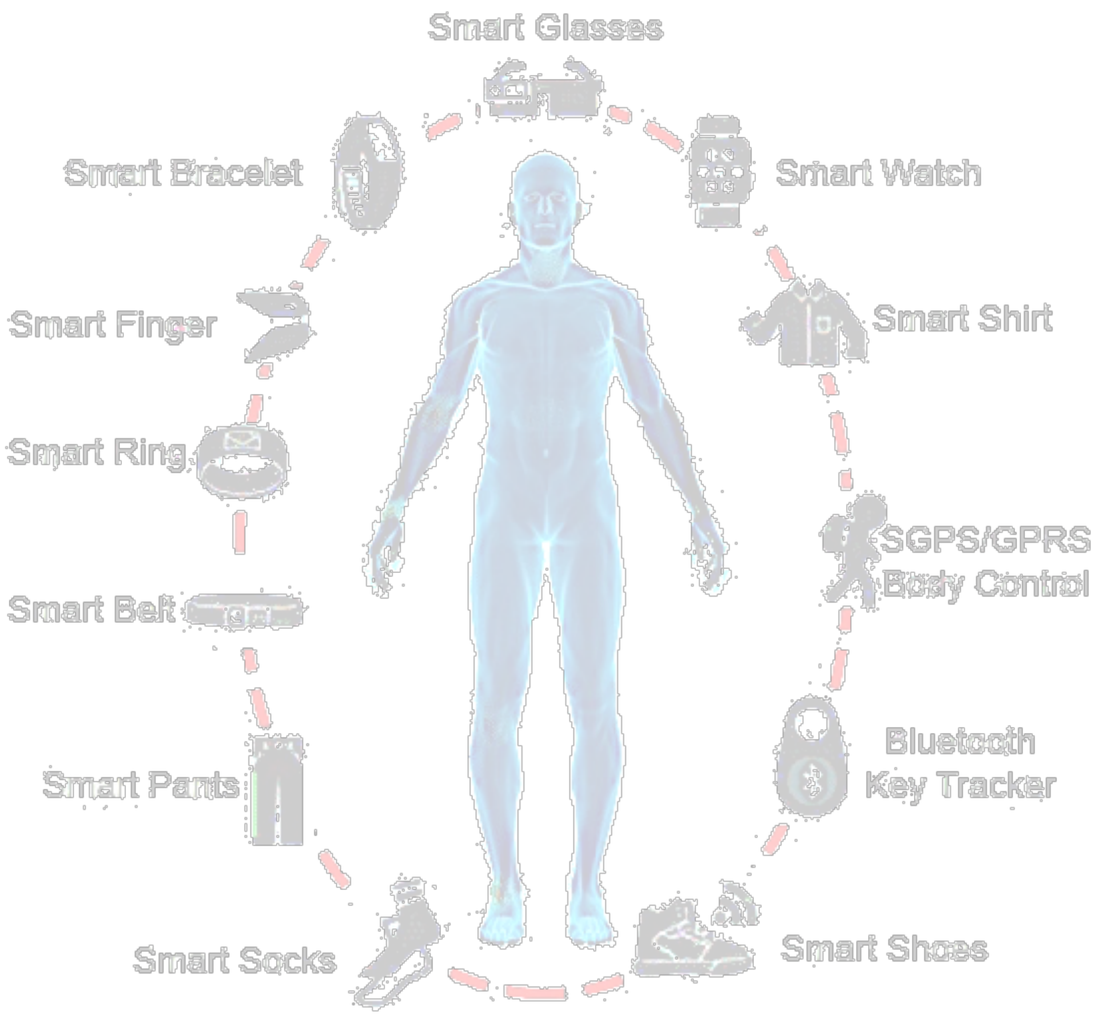


Giuseppe Andreoni

SOMMARIO

1. Introduzione
2. Il contesto e la visione dei sistemi indossabili per la salute
3. Storia, tipologie e sviluppo dei sistemi indossabili
4. Prospettive future e nuove sfide

I sistemi indossabili



La tecnologia indossabile racchiude una pletora di dispositivi sviluppati per essere indossati e accessibili dall'utente

Le caratteristiche principali di questi sistemi sono:, :

1. "always on" "sempre attivi" e accessibile dall'utente,
2. controllabili e interattivi,
3. aumentano l'intelletto o i sensi,
4. in sinergia con il corpo, non limitando le funzioni e la mobilità dell'utente,
5. utilizzati/bili come mezzo di comunicazione.

I sistemi indossabili

sono sistemi intelligenti e integrati in contatto o in prossimità del corpo umano e capaci di misurare, elaborare e trasmettere parametri biomedici, biochimici e fisici e anche eseguire le azioni meccaniche se necessario.

Tecnologie Digitali indossabili: l'idea innovativa

Trasformare Sogni in Bisogni

1966 Star Trek - Tecnologie che abbiamo già adottato

Smartphones

Smartwatch

Assistente Virtuale
Videochiamate
Traduttore Universale

Tablet

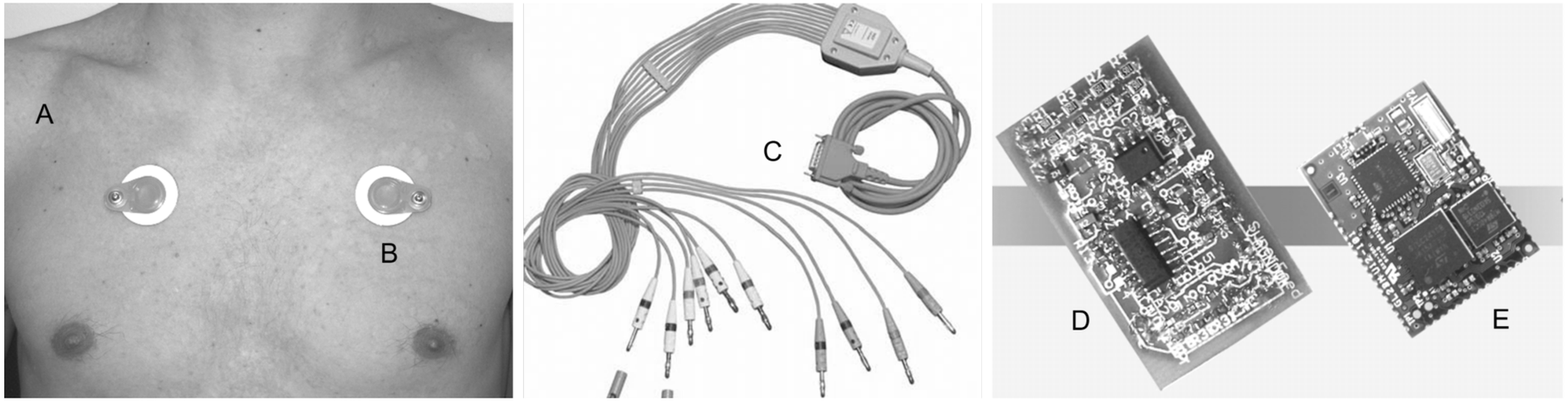
Cuffie bluetooth

Occhiali VR

I sistemi indossabili intelligenti

Da Star Trek agli Smart textiles

Dispositivi e Indumenti con capacità di misurare segnali, elaborare dati, eseguire azioni in molteplici applicazioni.



A: L’uomo come sorgente di informazioni (biosegnali)

B: sensori

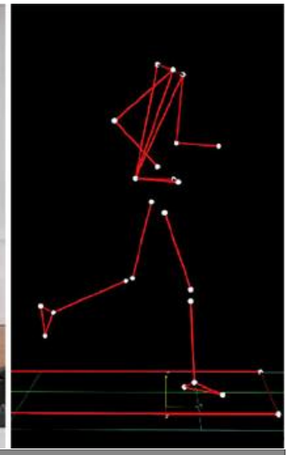
C: i cavi di connessione

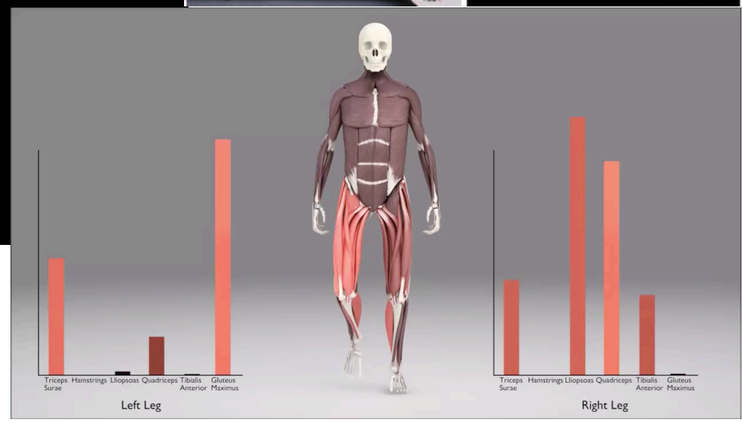
D: i sistemi di misura,

E: trasmissione dati wireless

Tecnologia Digitale indossabile: storia e presente

Analisi del movimento umano



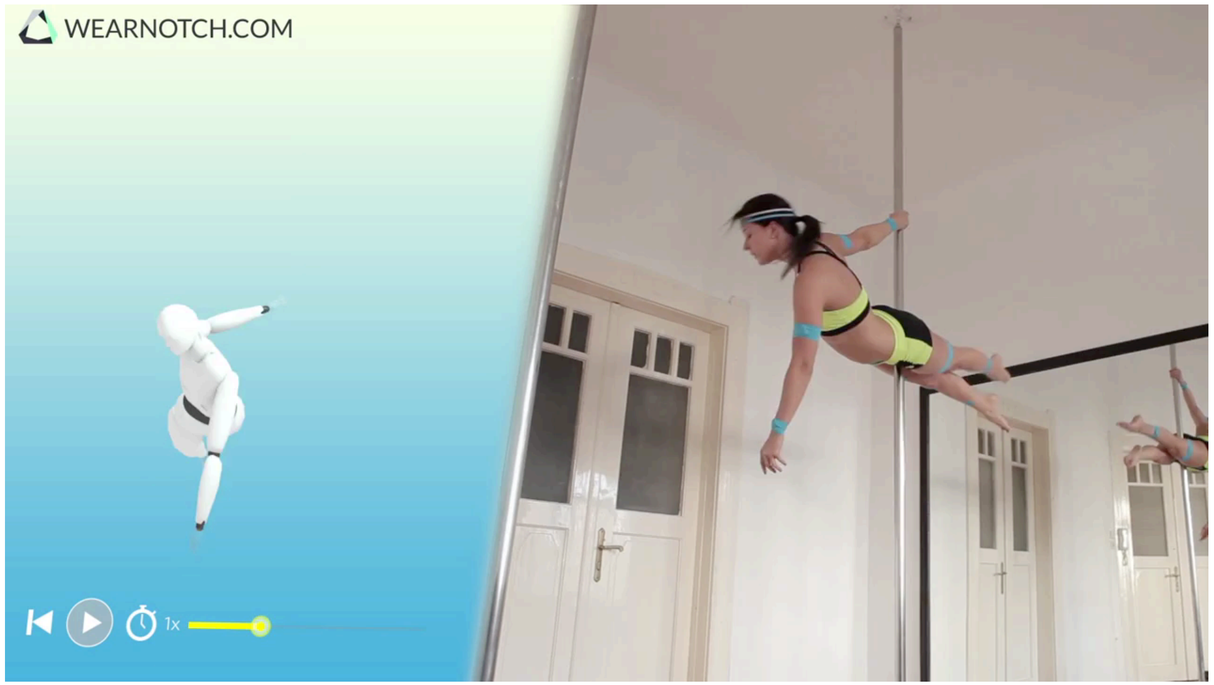


Analisi di funzioni motorie, movimenti sportivi e azioni lavorative per ottimizzazione, gioco, riabilitazione.

Giuseppe Andreoni

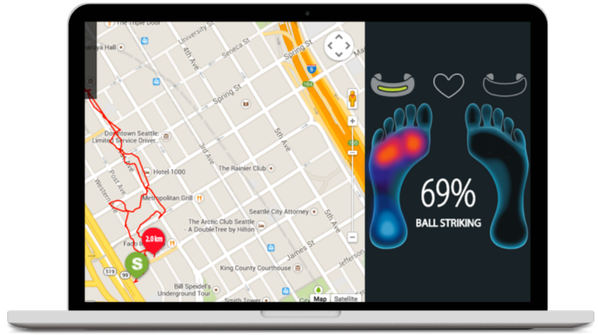
Tecnologie Digitali indossabili

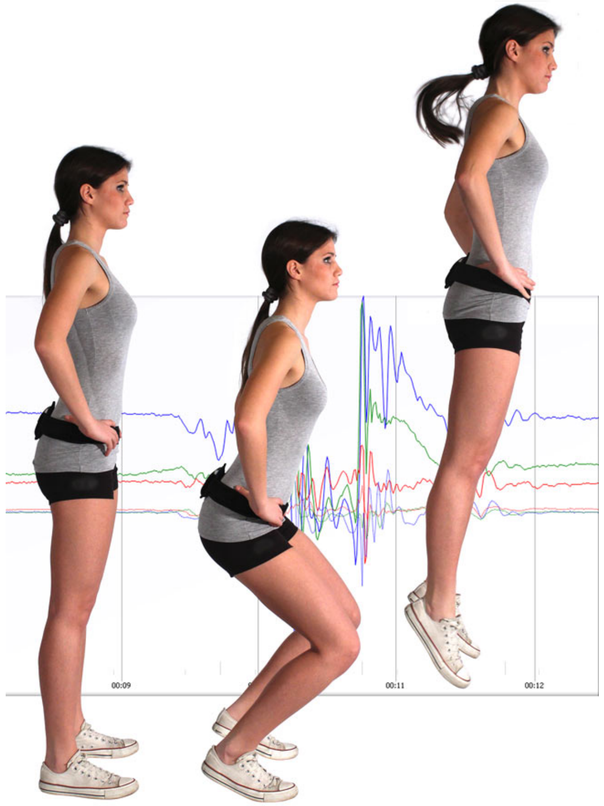
Analisi del movimento indossabile



Uomo e sistemi indossabili

Sul Corpo vs Sugli oggetti





Giuseppe Andreoni

Uomo e sistemi indossabili

Funzioni principali:

- Empowerment
- Monitoraggio (uomo &/o ambiente)
- Terapia
- Sostituzione di funzioni

4 tipologie:

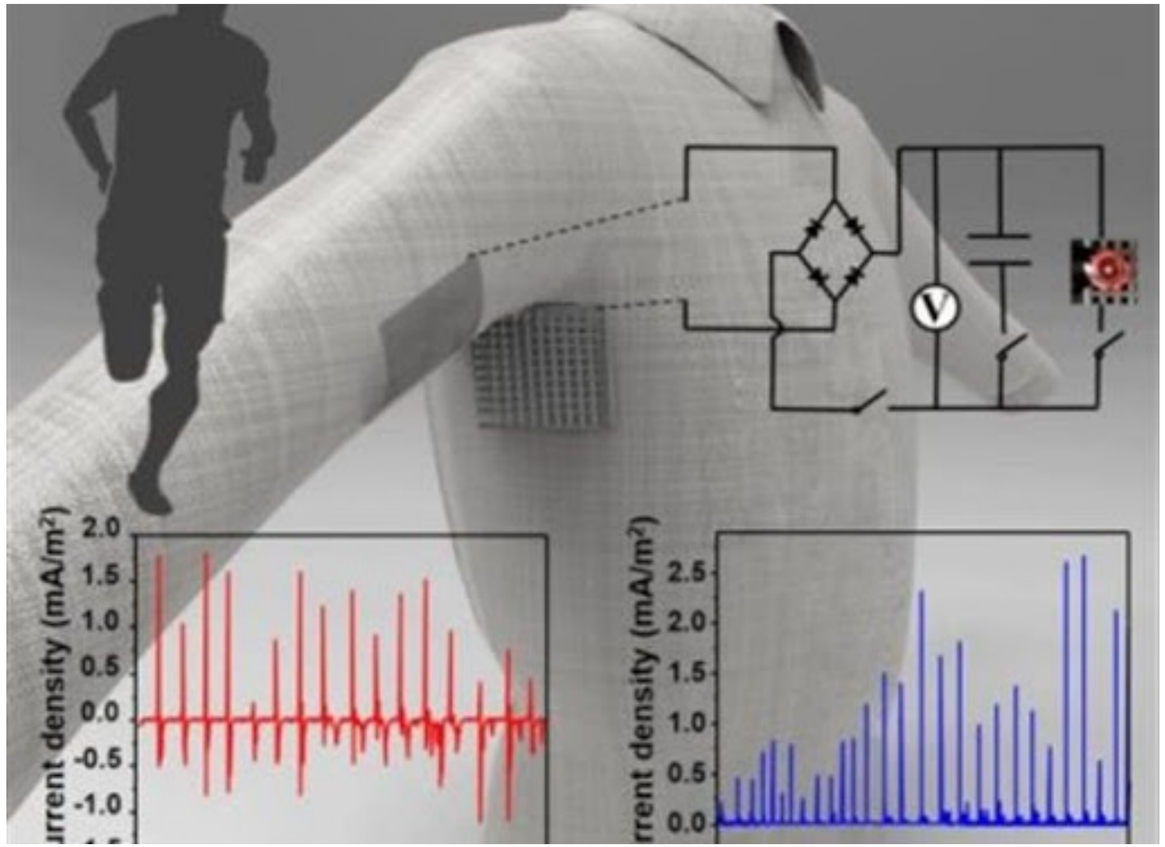
- Indumenti sensorizzati
- Accessori Indossati
- Esoscheletri
- Protesi

Uomo e sistemi indossabili

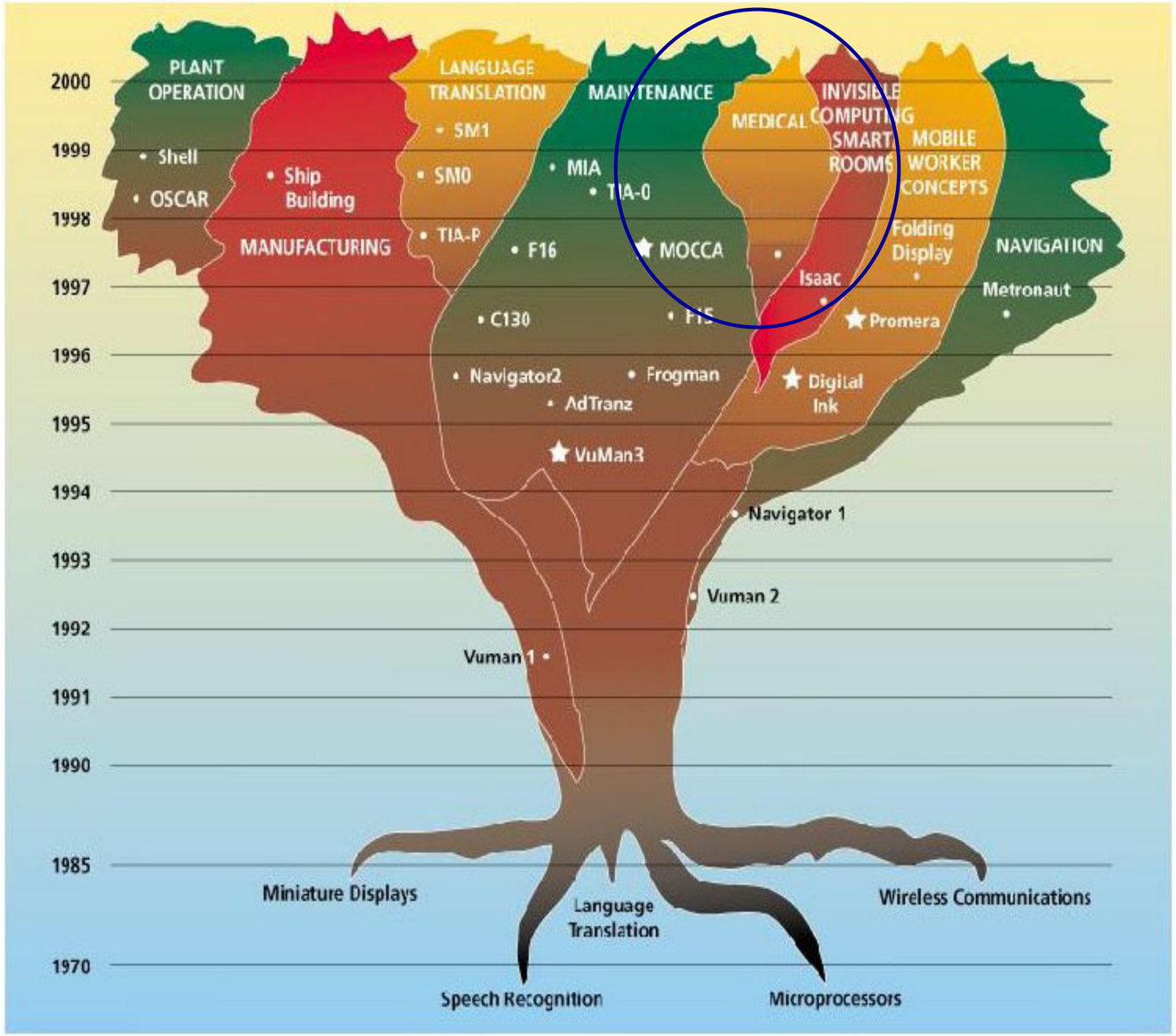
Sensorized Garments

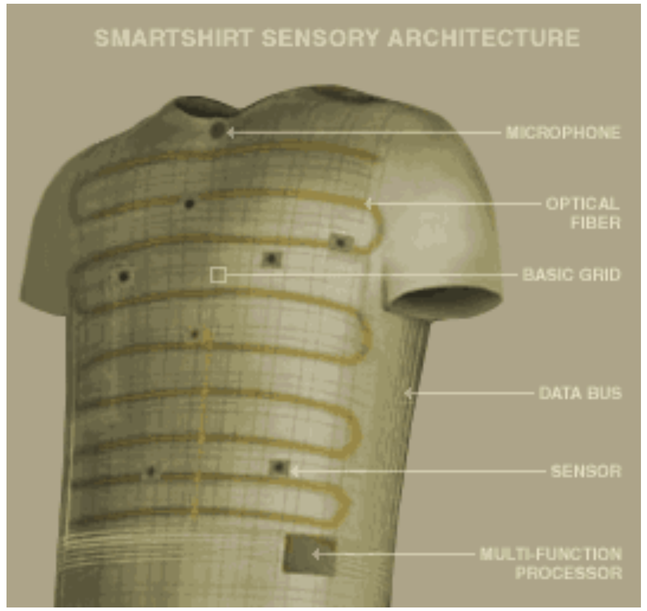
Textile research has produced advanced fibers (conductive, optical, embedding nanocapsules, …) enhabling the production of ultratechnical fabrics with several properties

- Electrical
- Sensing
- Actuators
- Chemical
- biological



Smart Textiles: la ricerca e le origini



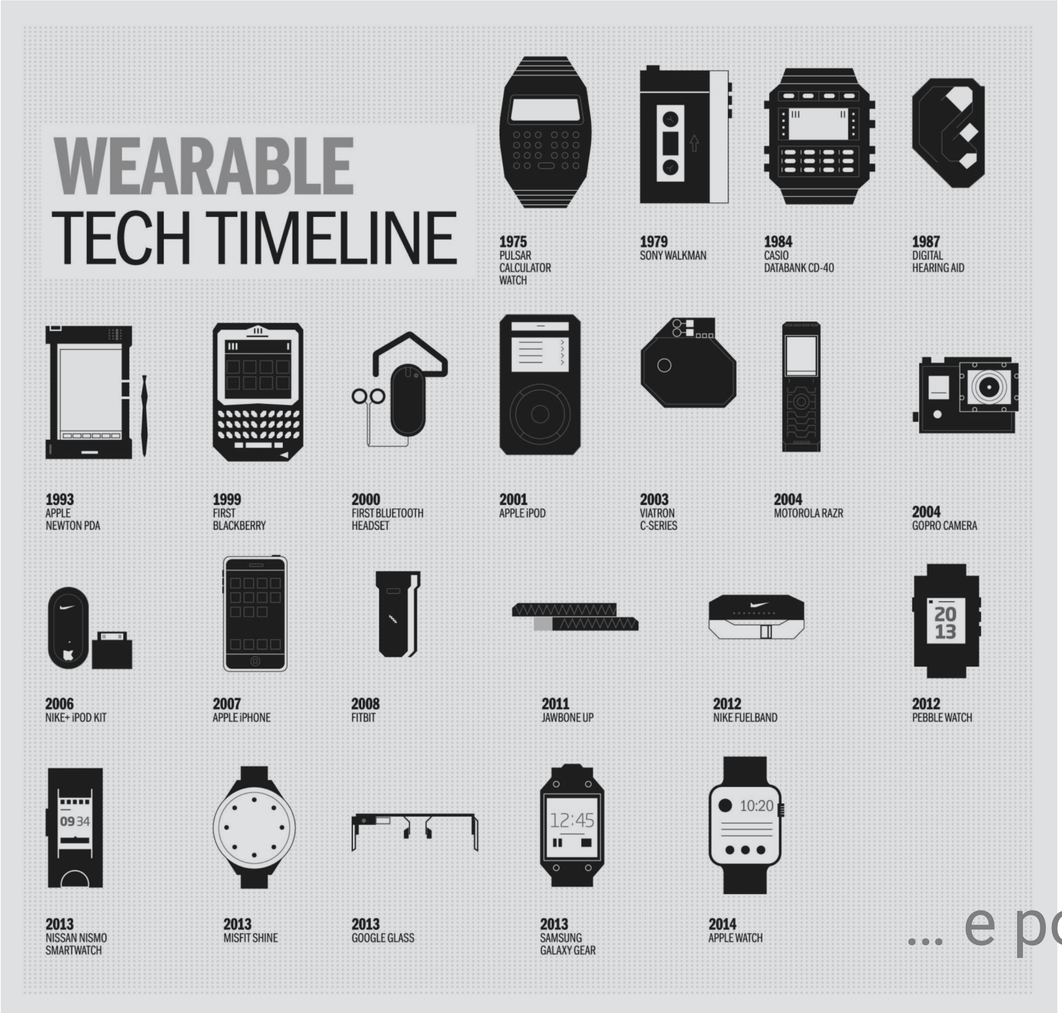


1996-7: DARPA (Defense Advance Research Projects Agency), M.I.T. & Georgia Institute of Technology

Uomo e sistemi indossabili

Accessori

Dal 1970 per:
- Sensing
- Comunicazione,
- Attuazione…



… e poi?

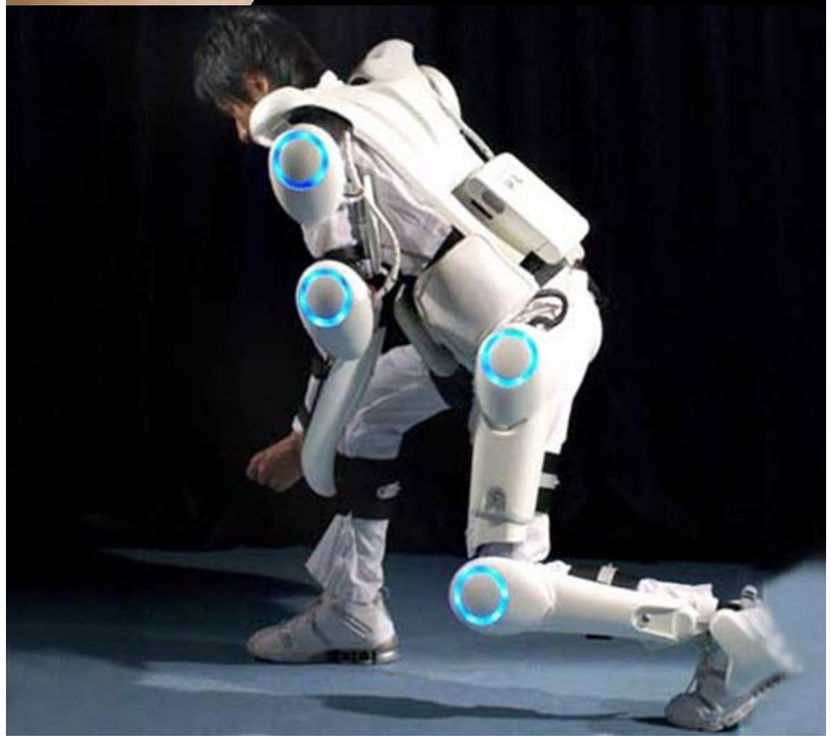
Uomo e sistemi indossabili

Exoskeletons

Exoskeletons are external wearable structures and systems able to empower or reinforce new, weakened or lost functions.

They embed an important complexity of design, mechatronics, materials, sensors and software.

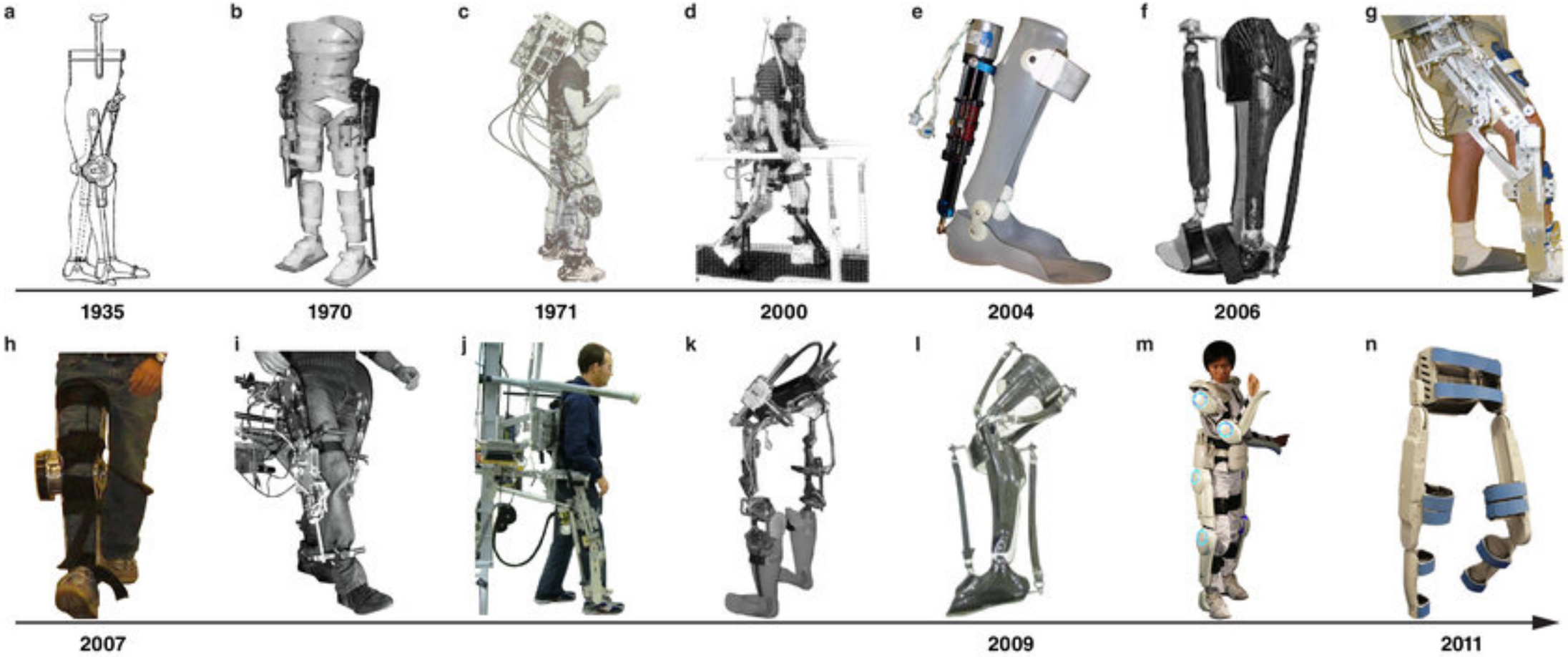
Applications in rehabilitation, workplace ergonomics, and sport are the more relevant.



Exoskeletons

Ding, Ye. (2018). Control and Optimization of Soft Exosuit to Improve the efficiency of Human Walking.

History of wearable devices on providing rehabilitation therapy for physically challenged persons. a, Cobb's "wind-up" orthosis [62]. b, Pupin Institute "complete" exoskeleton [63]. c, Wisconsin exoskeleton [64]. d, Lokomat driven gait orthosis [65, 66]. e, MIT variable-impedance ankle-foot orthosis [67]. f, UMich powered ankle-foot orthosis [68-71]. g Gravity-balancing leg orthosis [72],. h, Active knee rehabilitation orthotic device [73, 74]. i, Lower extremity powered exoskeleton (LOPES) [75-78]. j, Active leg exoskeleton for gait rehabilitation (ALEX) [78]. k, Motor-powered gait orthosis for spinal cord injury [79]. l, UMich pneumatically powered knee-ankle-foot orthosis (KAFO) [19, 71]. m, Hybrid assistive limb (HAL) [80-82]. n, Powered lower limb orthosis [83-85].



Giuseppe Andreoni

Exoskeletons

o, Active leg exoskeleton for gait rehabilitation II (ALEX II) [86, 87]. p, Self-adjusting knee exoskeleton [88]. q, Robotic orthosis Mina [89]. r, Bio-inspired active soft orthotic device [90]. s, Rewalk powered exoskeleton [91]. t, Bio-inspired robotic orthosis [92]. u, Lower extremity assistive device (LEAD) [93]. v, Assistive motorized hip orthosis [94]. w, MINDWALKER exoskeleton [95]. x, CMU ankle orthosis [96]. y, Walking orthosis using pneumatic artificial muscle. z, Active leg exoskeleton for gait rehabilitation III (ALEX III) [97]. aa, Light-weight active hip orthosis [98]. ab, NASA X1 powered lower limb exoskeleton [99]. ac, Honda stride management assist system [100, 101]. ad, Harvard soft exosuit for poststroke gait assistance [102, 103]. ae, Lightweight, tethered, torque-controlled knee exoskeleton [104]. af, Myosuit [105]

Giuseppe Andreoni

Gli indumenti intelligenti (smart textiles)

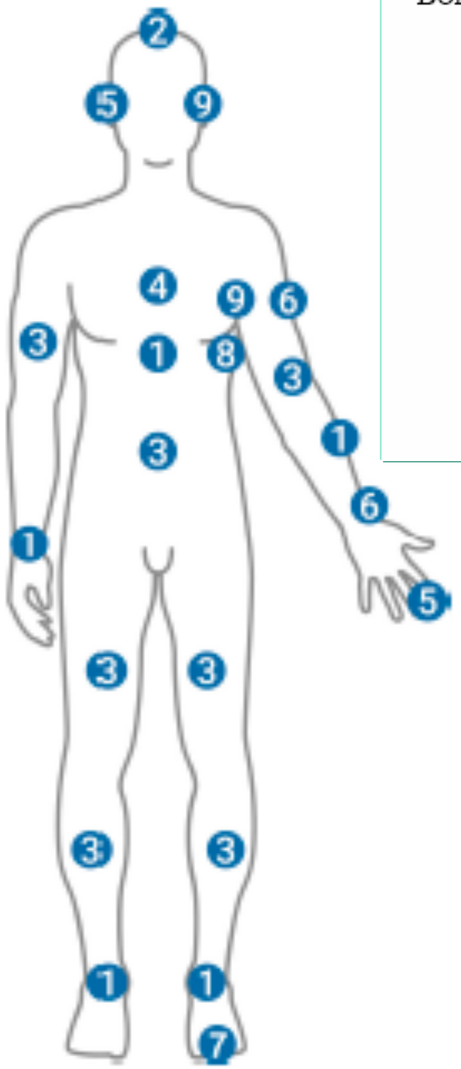
I sistemi indossabili integrano una elevata complessità tecnologica e multidisciplinare e multifattoriale: ogni elemento è essenziale anche nella sua estrema semplicità:

- Sensori
- Attuatori
- Materiali
- Comunicazione Wireless
- Sorgente di energia
- Processore di calcolo
- Interfaccia Utente
- Algoritmi di elaborazione dei dati
- Connettori
- Lavabilità e stabilità dei sensori
- Posizione dei sensori sul corpo (in relazione ad attività, compiti, segnali e antropometria)
- Elasticità ed aderenza
- …

multidisciplinarità

Elettronica, Meccanica, Chimica, Design, Psicologia, Informatica, Elettrotecnica, Fisica, Matematica, Fisiologia, Anatomia, Ergonomia, Robotica, …

Segnali, sensori e tecnologie dei sistemi indossabili



No.	Signal
1 =	ECG
2 =	EEG
3 =	EMG
4 =	Respiration
5 =	Blood gas
6 =	Blood Pressure
7 =	Interface pressure
8 =	Resistance
9 =	Temperature

BODY SIGNALS OR VARIABLES UNDER MONITORING IN e-TEXTILES AND PROPOSED SENSING DEVICES/COMPONENTS WITH THEIR FABRIC IMPLEMENTATION

Body signals or variables	Sensing devices/components	Device implementation
Electrocardiogram (ECG)	Bioelectrodes	Woven or knitted metal electrodes
Electromiogram (EMG)	Bioelectrodes	Woven or knitted metal electrodes
Carotide pulse and radial artery pulse	Piezoelectric sensors	EAP based textile fibers or small-size strips
Heart apex pulse (ballistocardiogram)	Piezoelectric sensors	EAP based textile fibers or small-size strips
Respiration (respitrace)	Piezoresistive sensors	EAP based textile fibers or small-size strips
Articulation segment position and movements	Piezoresistive sensors	EAP based textile fibers or small-size strips
Skin electrical impedance	Bioelectrodes	Woven metal electrodes
Blood oxygenation (pulse oximetry)	Optical fibers	Optical fibers
Sound	Piezoelectric sensors (microphones)	EAP based textile fibers or small-size strips
Skin temperature	Thermoelectric sensors	EAP based textile fibers or small-size strips

Segnale fisiologico	*Sensore*	*Tipologia*
Movimento	Accelerometro	elettromeccanico
Battito cardiaco	Elettrodo	elettrico
Contrazione Muscolare	Elettrodo	elettrico
Temperatura	Termometro	elettronico/ottico
Respirazione	Resistenza elastica	elettrico
Saturimetria	LED IR	ottico

Giuseppe Andreoni

Segnali, sensori e tecnologie dei sistemi indossabili

Materiali per elettrodi e resistenze tessili

Materiale	Pro	Contro
Gomma conduttiva	Buona conducibilità elettrica Ottimo adattamento morfologico Economica	Scarsa permeabilità all'acqua e all'aria Perdita di caratteristiche
Acciaio	Alta conducibilità elettrica Assenza di ossidazione	Rigido Difficile lavorazione
Carbonio	Buona conducibilità elettrica	Rigido In alcune formulazioni è citotossico
Argento filato	Ottima conducibilità elettrica Antibatterico	Rigido Ossidazione
Argento elastico	Ottima conducibilità elettrica Antibatterico	Perdita di caratteristiche Ossidazione
Inchiostro conduttivo	Grande personalizzabilità Economicità	Perdita di caratteristiche

Sistemi indossabili in Medicina, Sport e Benessere

Applicazioni

Giuseppe Andreoni

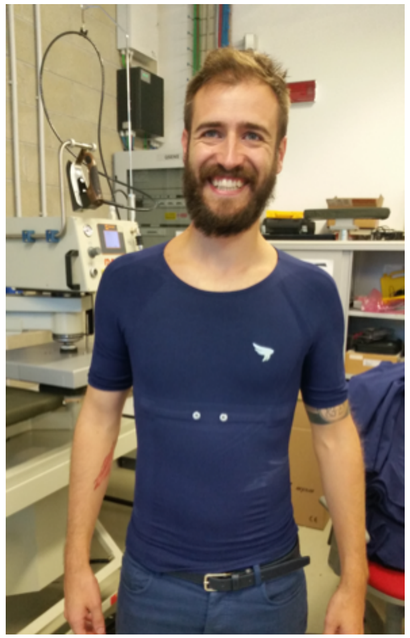
Wearables in Healthcare: Progetto EU “PEGASO Fit for Future”

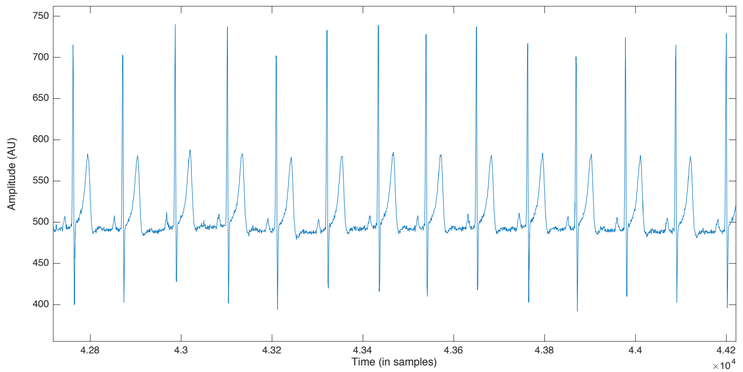
PEGASO sensors system:
1 ECG lead, Activity recognition and monitoring.

- Garments: 4.rd generation, signal reliability, up to >50 washings stability;

- WES (body datalogger): CE Mark.

- WWAT (bracelet): CE Mark.





Textile ECG track recorded by smart garments

FP7 – ICT-2013.5.1 – Grant Agreement n° 610727

www.pegasof4f.eu

Giuseppe Andreoni

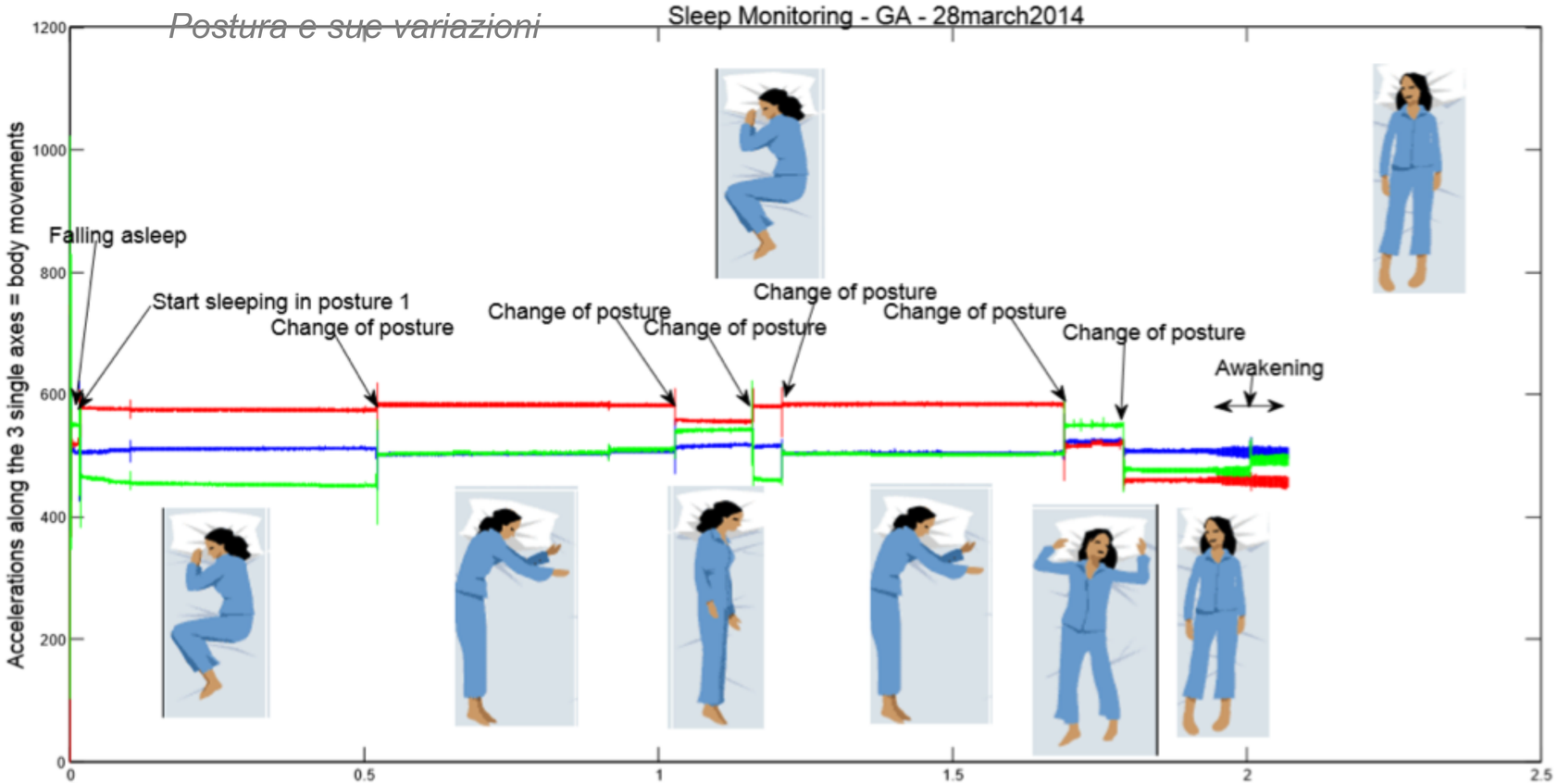
Sistemi indossabili in Medicina e Benessere: Servizi di e-/m-health

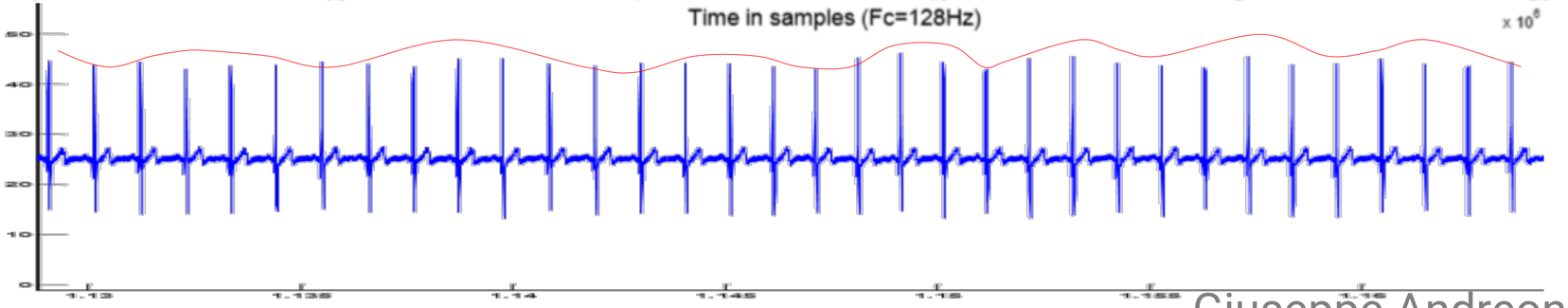
Monitoraggio della qualità del sonno

- Pigiama sensorizzato con elettrodi tessili integrati per la misura di un tracciato ECG e della postura e dei movimenti
- Registra i dati poi li trasmette via Bluetooth allo smartphone/PC dove è presente una App/Software di visualizzazione

Esempio
5,5 ore di sonno
1 ECG
3D Accelerazioni

Postura e sue variazioni





ECG e respiro

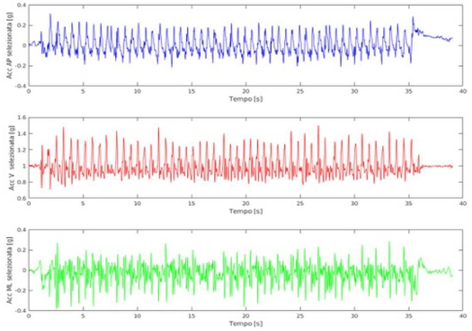
Giuseppe Andreoni

Sistemi indossabili in Medicina: riabilitazione

Monitoraggio del cammino e delle attività motorie

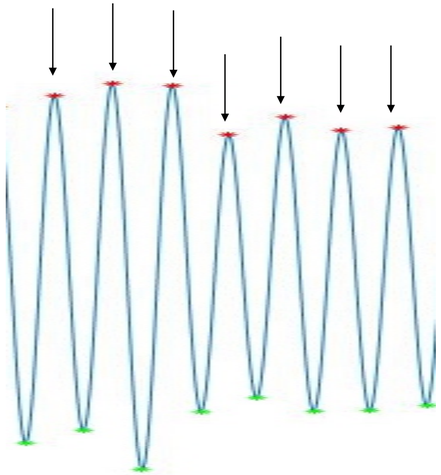
Actigrafo intelligente e valutazione funzionale con report

- 6 Minute Walking Test
- test Timed Up and Go (TUG)
- Activity tracking



Accelerazioni 3D del bacino

Identificazione dei passi



Report clinico

Data esame: 30marzo2017 N.Identificativo: prova_1_F0_Acorr

Cognome: [redacted] Nome: [redacted] Età [anni]: [redacted] Sesso : uomo
Note: F1 SS

Peso [kg] 68 BMI 21.2228 Altezza [cm] 179
Lunghezza [cm]: arto inferiore 96.5 piede 18.5 piede al suolo 28 gamba 45 coscia 41
Larghezza [cm]: del piede 11 esterna dei piedi 43 iniziale del passo 32

Tanaka formula - EHR exercise intensity is equivalent to the desired percentage of VO2R (maximal oxygen uptake reserve).

HRrest (resting heart rate) [bpm]: 70 HRstep (stepping heart rate) [bpm]: 110
HRmax (maximum heart rate) [bpm]: 191.9 HRR (Heart rate reserve) [bpm]: 121.9
EHR (Exercise heart rate intensity): 0.328138, EHR percentuale: 32.8138

Distanza percorsa (da percorrere 3.57)[m]:

antropometrico - stimato metodo 2 [m]: 3.67523
antropometrico - errore percentuale distanza stimata-attesa: 2.86317
oscillatore- misurata [m]: 2.99788
oscillatore- errore percentuale distanza misurata-attesa: -16.0258
oscillatore- misurata stato stazionario metodo 2 [m]: 3.435
oscillatore- errore percentuale distanza misurata-attesa stato stazionario metodo 2: -3.78151

6MWT - Distanza standard di riferimento negli anziani sani [m]: 631 ± 93
nel soggetto [m]: 944.61

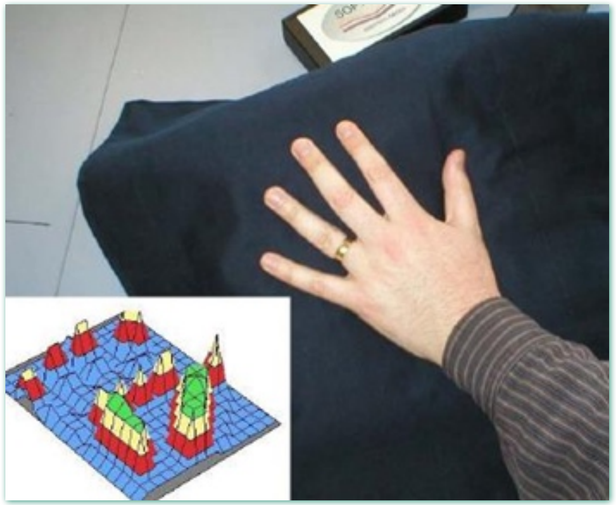
Tempo di cammino [s]: 3.59375

Velocità media del soggetto [m/s]:

Giuseppe Andreoni

Segnali, sensori e tecnologie dei sistemi indossabili

Sensori di pressione tessili



Maglietta sensorizzata per il monitoraggio della terapia della scoliosi

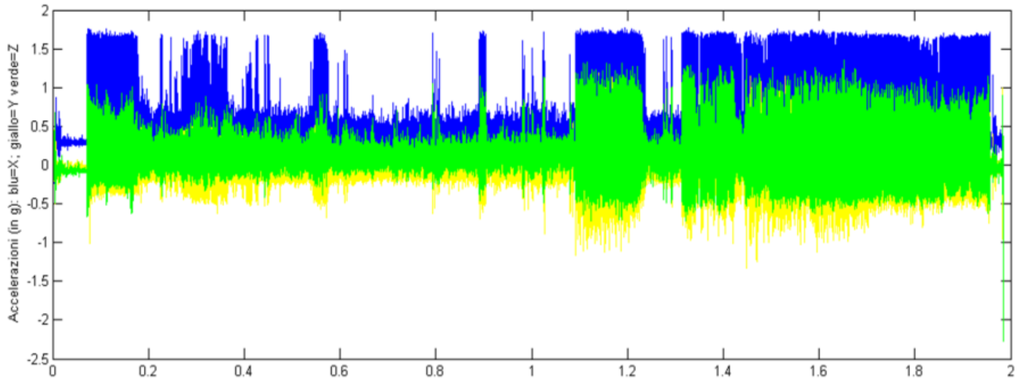
Monitoraggio delle forze all'interfaccia uomo/protesi

Giuseppe Andreoni

Sistemi indossabili nello Sport: Misura delle prestazioni

Running/Skyrace

reseg up

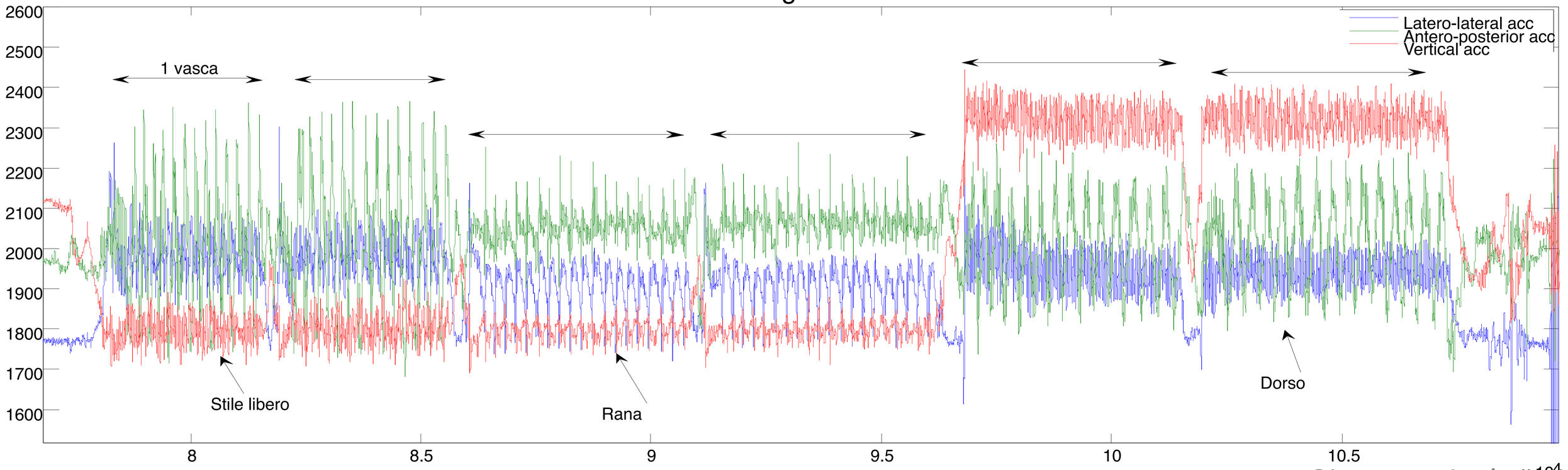


Giuseppe Andreoni

Sistemi indossabili nello Sport: Misura delle prestazioni

Il NUOTO è un set movimenti che permettono ad un uomo o ad un animale di muoversi nell'acqua sia sotto che sulla sua superficie.
Richiede una perfetta coordinazione motoria per ottenere alte prestazioni.

Accelerazione del tronco lungo i 3 assi durante il nuoto



Giuseppe Andreoni

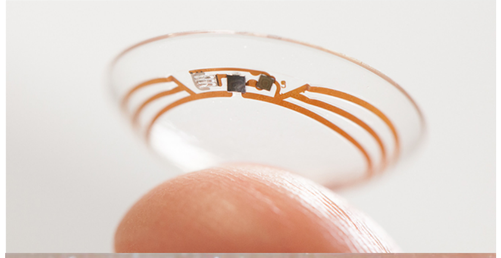
SOMMARIO

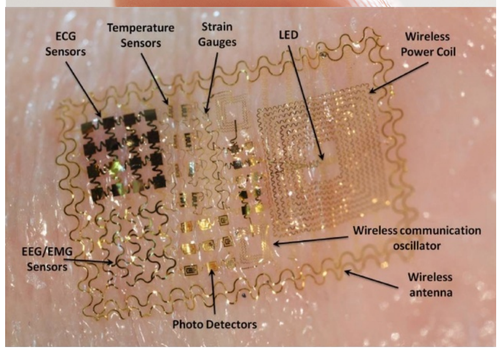
1. Introduzione
2. Il contesto e la visione dei sistemi indossabili per la salute
3. Storia, tipologie e sviluppo dei sistemi indossabili
4. **Prospettive future e nuove sfide**

Il futuro dei sistemi indossabili

1980 1990 2000 2010 2020 2025-30

Portatili *Indossabili1.0* *Indossabili2.0* *Integrabili*





Giuseppe Andreoni

Interazione

Interfacce gesturali

United States Patent **10,579,099**
Wang , et al. **March 3, 2020**

Expandable ring device

Abstract

A system may include ring devices. A ring device may have a housing that is configured to be worn on a finger of a user. Sensors such as force sensors, ultrasonic sensors, inertial measurement units, optical sensors, touch sensors, and other components may be used in gathering input from a user. Control circuitry may wirelessly transmit information gathered from sensors and other input devices to an associated electronic device. The information may be used in controlling operation of the electronic device. The housing of the ring device may have an annular main body and an expandable portion coupled to the main body. The expandable portion may include a flap with a hinge, a rotatable housing member, a housing with an internal adjustable frame and a cover, an expandable housing formed from an expandable tube coupled between first and second annular devices, and other expandable structures.

Inventors: **Wang; Paul X.** (Cupertino, CA), **Mathew; Dinesh C.** (San Francisco, CA)
Applicant: **Name** **City** **State Country Type**

Apple Inc. Cupertino CA US
Assignee: **Apple Inc.** (Cupertino, CA)
Family ID: **68291121**
Appl. No.: **16/270,497**
Filed: **February 7, 2019**

Prior Publication Data

Document Identifier	Publication Date
US 20190332140 A1	Oct 31, 2019

Tecnologie Digitali indossabili

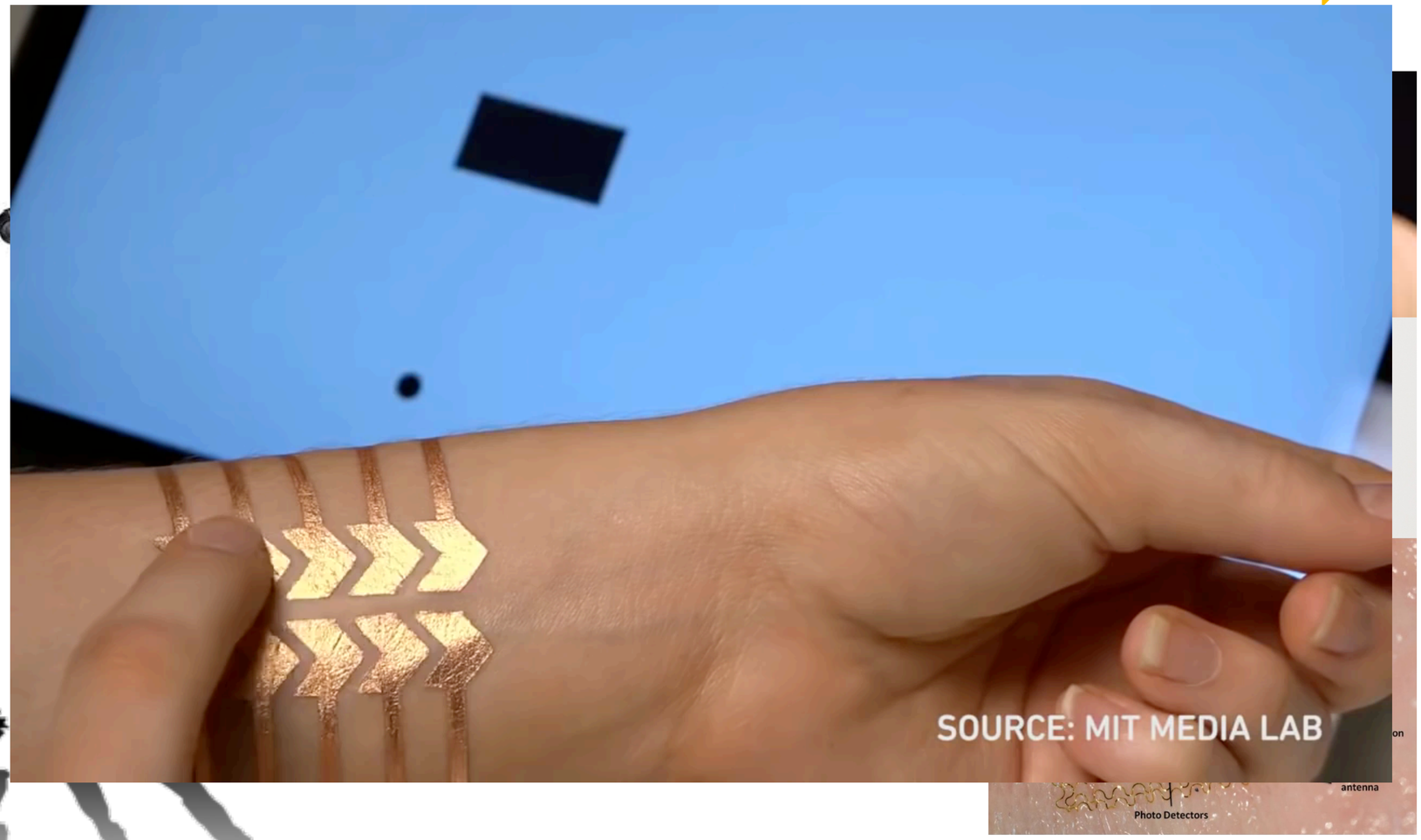
Realtà Virtuale e/o Aumentata

Esperienze immersive per il gioco, l’esercizio, l’allenamento o il recupero post infortunio sia personale che/o di squadra.

Il futuro dei sistemi indossabili

1980 1990 2000 2010 2020 2025-30

Portatili



Il futuro dei sistemi indossabili: le sfide

Miniaturizzazione dell’elettronica.
Nuovi materiali.
Migliori prestazioni computazionali.
Nuove batterie per capacità e flessibilità
Interconnessione e interoperabilità

SISTEMI IBRIDI
UOMO_TECNOLOGIA

SERVIZI

Integrazione reversibile tessuto-corpo
Tessuti attuativi controllati e integrati
Strutturazione meccanica di tessuti (esoscheletri, power garments, structural garments)

TEDH

Technology and Design for Healthcare

POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI DESIGN

Politecnico di Milano – Dipartimento di Design
Via Giovanni Durando, 38/A – 20158 Milano – Edificio B10
Referente: Prof. Giuseppe Andreoni
mail: giuseppe.andreoni@polimi.it