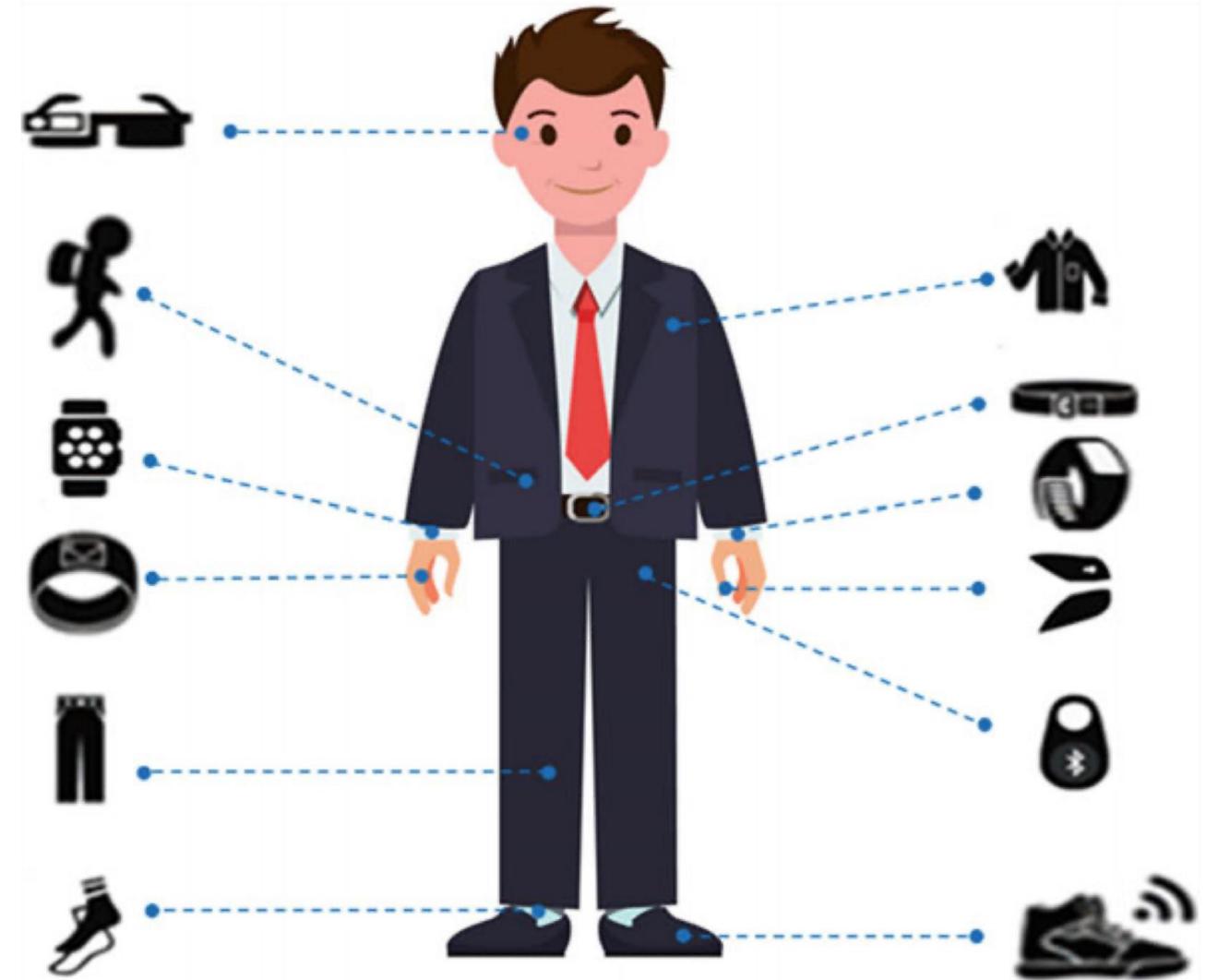


# Valutazione e monitoraggio remoto del paziente neurologico

Massimiliano Pau



# Dichiarazione sul conflitto di interessi

- Sono Professore Ordinario a Tempo Pieno presso l'Università di Cagliari
- Non ho alcun conflitto di interessi in relazione a quanto riportato nella presentazione
- Negli ultimi due anni non ho intrattenuto alcun rapporto commerciale individuale con case farmaceutiche o aziende del settore biomedicale



# Chi siamo

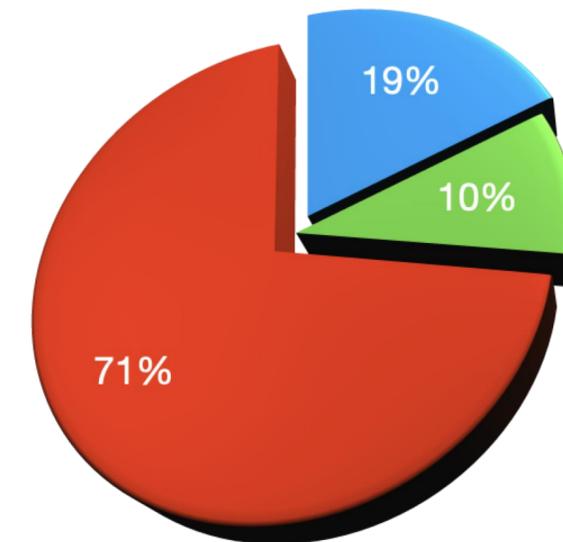


## Laboratorio di Biomeccanica ed Ergonomia Industriale

*Università di Cagliari*

**Attività didattica** a supporto del corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

**Attività di Ricerca:** analisi della postura e del movimento umano in campo clinico, ergonomico e sportivo



● Ergonomia ● Sport ● Clinica



# Struttura della presentazione

1

Generalità sui dispositivi indossabili  
e sul monitoraggio remoto

3

Esempi di applicazione nelle  
patologie neurologiche

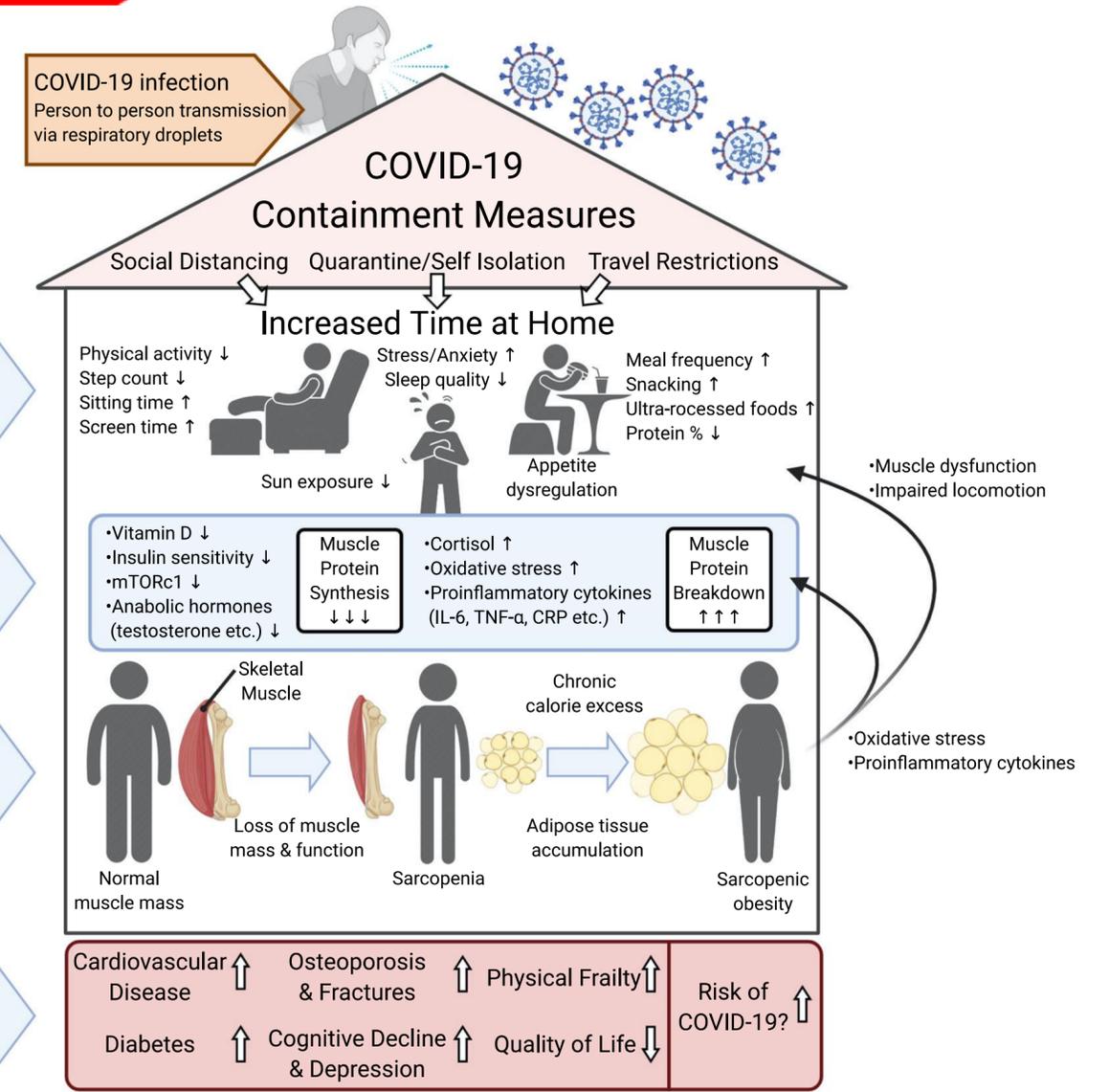
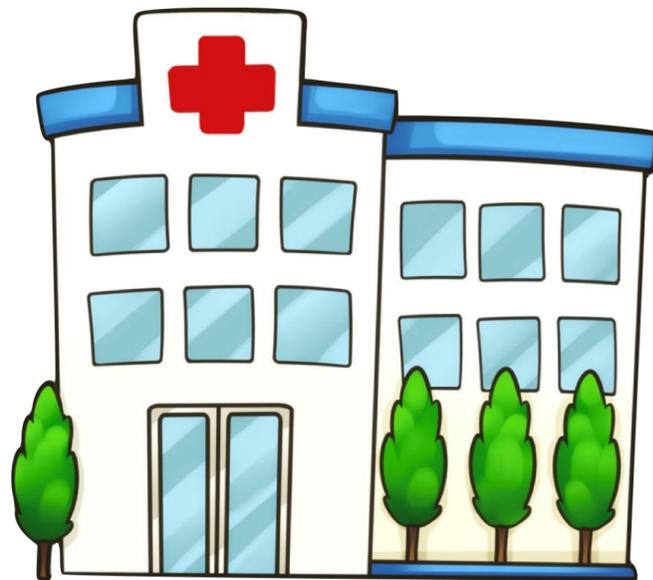
2

Focus sui sensori  
per l'analisi del movimento e  
dell'attività fisica



# Effetti del lockdown sanitario

Kirwan et al., GeroScience 2020



1

Difficoltà di accesso alle strutture sanitarie

2

Modifiche negative dello stile di vita



# Teleneurologia?

## Televalutazione

Utilizzo di **telefono, computer, tablet, smartphone** per effettuare un collegamento audio/video nel corso del quale si effettua una valutazione neurologica



## Telemonitoraggio

Valutazione strumentale (assistita da **sensori specifici o smartphone/tablet**, attiva e passiva) di aspetti motori, cognitivi e fisiologici del paziente



## Teleriabilitazione/Teleintervento

Somministrazione a distanza (autosomministrazione supervisionata o non) di **terapie fisiche/riabilitative, stimolazione transcranica**, ecc.



**Sin**

SOCIETÀ ITALIANA DI NEUROLOGIA



# Televalutazione



SPECIAL ISSUE

## Neurology and Telemedicine: The Way Forward

Partha S. Ray<sup>1,2\*</sup>, MD DNB (Neurology) FRCP (Lond & Edin) and Nimal Surya<sup>3,4</sup>, MD DNB (Neurology) FIAN FRCP (London)

CONTEMPORARY  
ISSUES

### Developing an outline for teleneurology curriculum

AAN Telemedicine Work Group recommendations

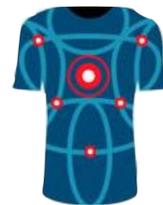
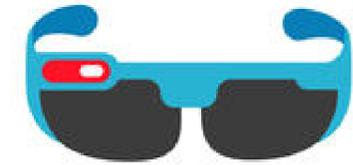
**Table 5** Components appropriate for teleneurology

Appropriate for teleneurology <sup>26</sup>	Difficult but possible via teleneurology (variable and dependent on telepresenter)	Likely not appropriate via teleneurology
Functional strength testing and sensory examination (spinothalamic tests and vibration with the help of a telepresenter)	Detailed motor testing (reliant on the telepresenter to determine tone and specific grades of Medical Research Council grading scale)	Comprehensive vestibular testing (given current peripheral devices in existence)
Cerebellar and gait testing (movement disorders physicians have been some of the earlier and most successful adopters of telemedicine)	Muscle stretch reflexes testing	Comprehensive neuro-ophthalmologic (without requisite peripherals)
Mental status examination including MoCA or other cognitive measures	Proprioception	Comprehensive neuromuscular examination
Cranial nerve examination (the fundoscopic examination currently requires peripheral devices that are not always available)	Functional testing for positive psychogenic examination components	Brain death examination
Various measurement scales including the NIHSS and UPDRS		



# Cosa sono i dispositivi indossabili?

- Con il termine “**indossabile**” (“**wearable**”) si fa riferimento ad una categoria di **dispositivi elettronici** (corredati dal relativo software) che possono essere **incorporati all’interno di tessuti o indossati (localizzati) su differenti parti del corpo alla stregua di accessori** comunemente utilizzati (braccialetti, orologi, occhiali, ecc.)



- In pratica.... è **tecnologia incorporata nei capi di abbigliamento o negli accessori** che indossiamo quotidianamente....



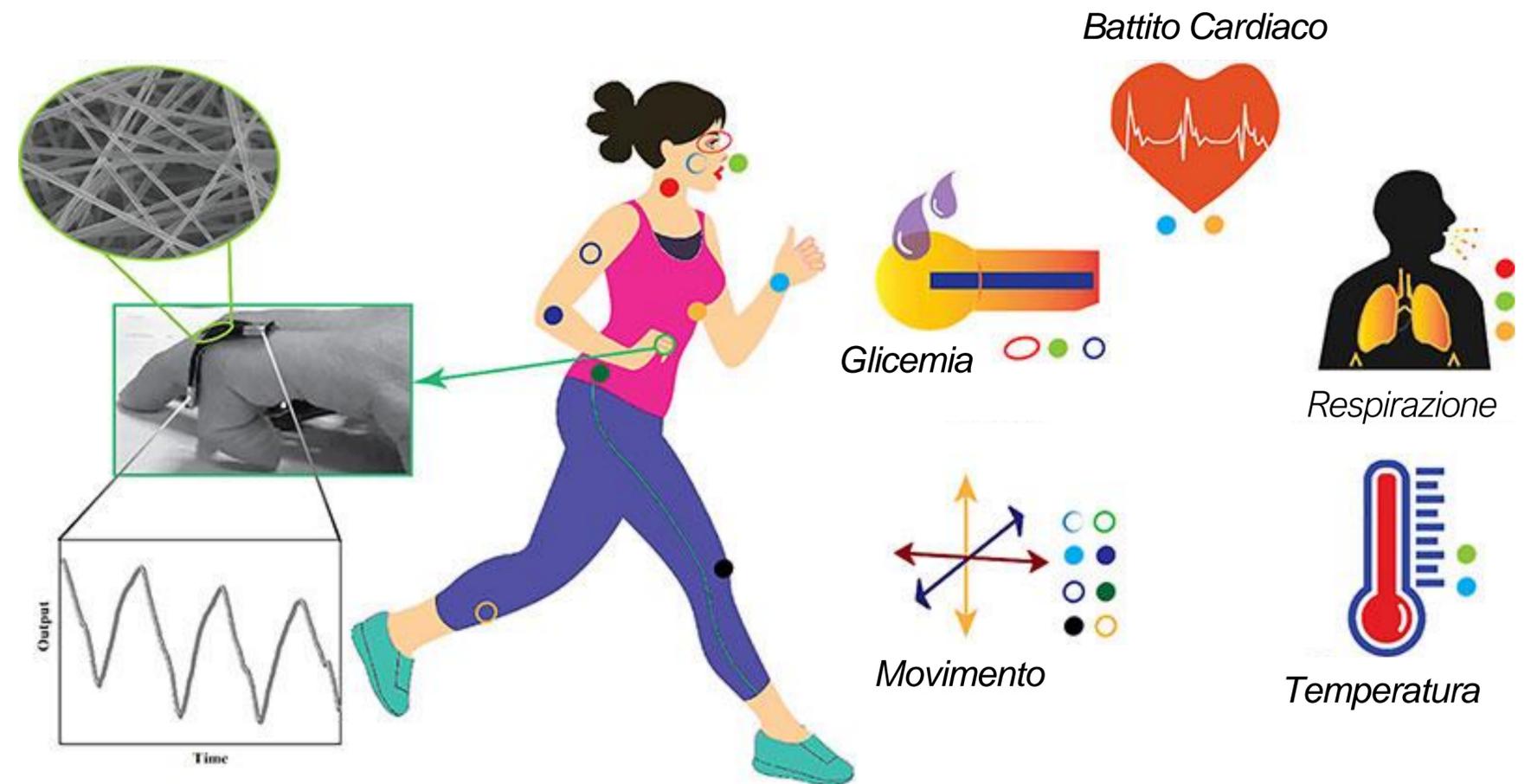
- ....sempre più **integrata**...sempre **meno intrusiva** e **sempre più sofisticata** in termini di parametri rilevabili e accuratezza



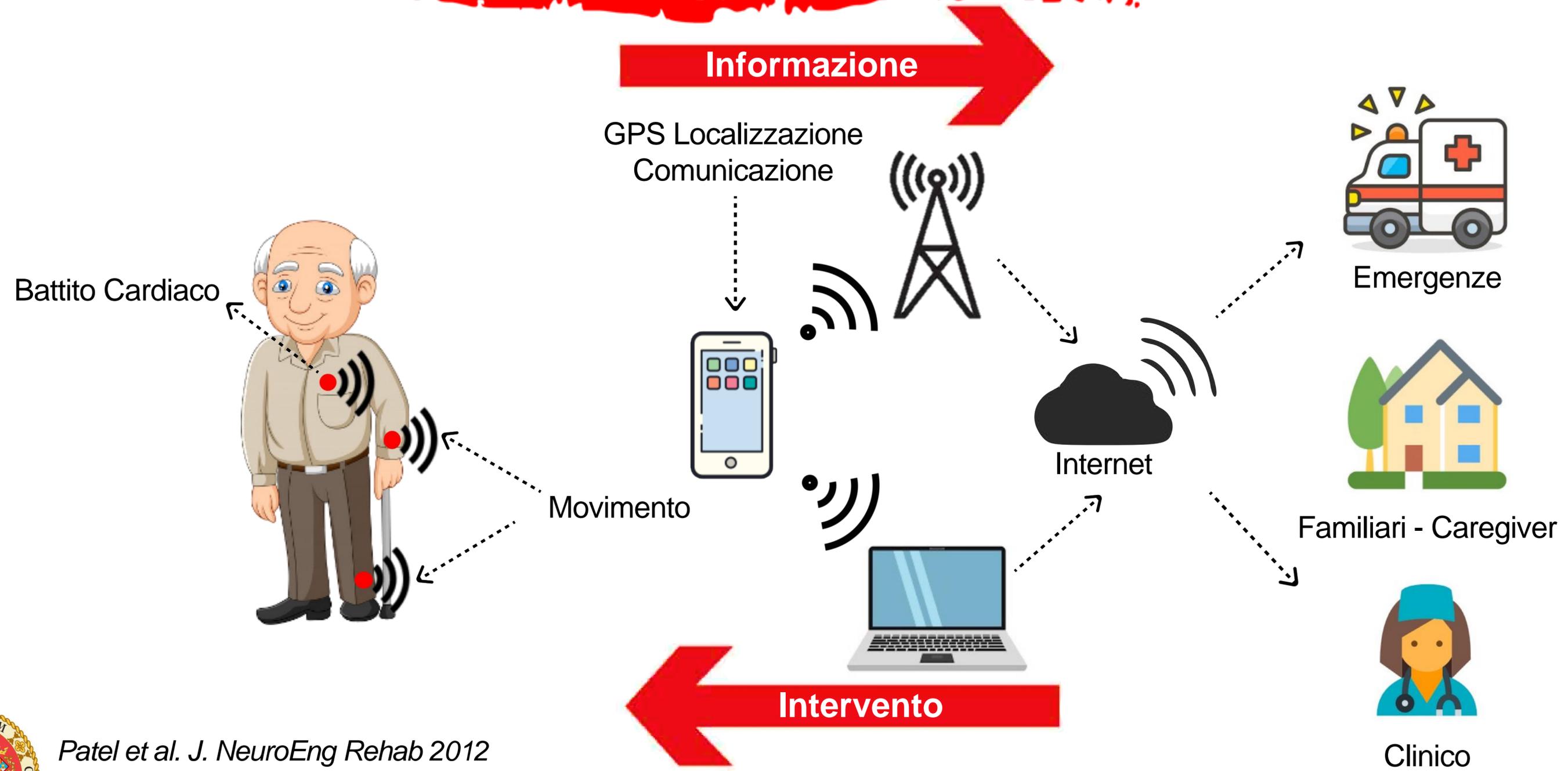
# Monitoraggio remoto in ambito clinico

I dispositivi indossabili possono **monitorare e registrare** in tempo-reale informazioni riguardanti il **movimento** di un individuo ed alcuni suoi **parametri fisiologici** quali

- Battito cardiaco, ECG
- Temperatura corporea
- Attività elettrodermica (EDA, GSR)
- Attività muscolare (EMG)
- Saturazione emoglobina arteriosa (SpO<sub>2</sub>)
- Pressione Sanguigna (BP)
- Attività respiratoria (RR)
- Livelli di glicemia



# Remote Health Monitoring



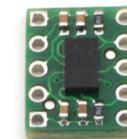
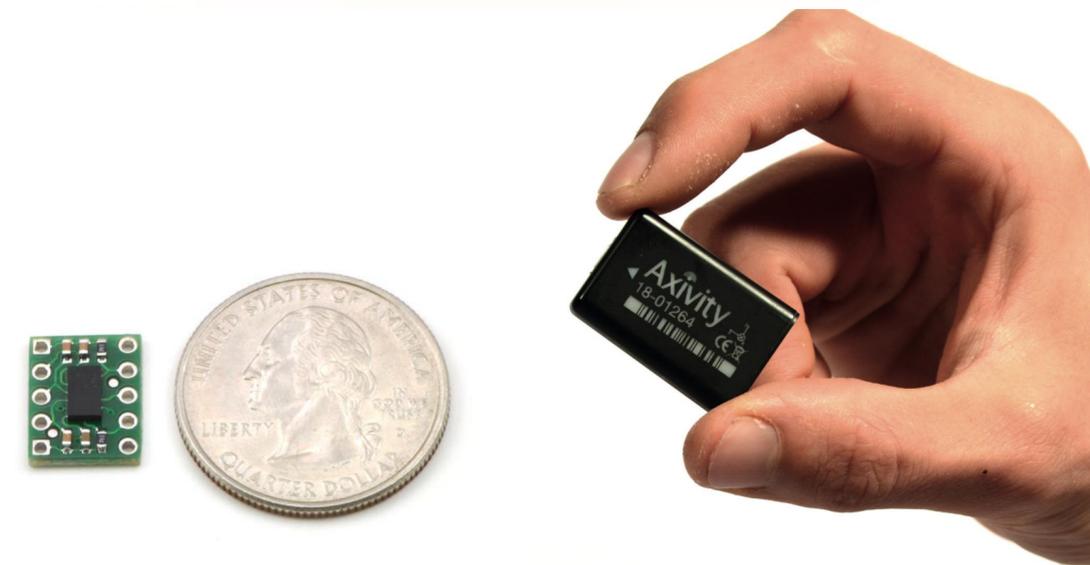
Patel et al. J. NeuroEng Rehab 2012



# I sensori di movimento

# Considerazioni generali

- La maggior parte delle **applicazioni in campo riabilitativo** e in generale il monitoraggio delle **patologie che comportano alterazioni del movimento**, fanno largo uso di **sensori inerziali**, ossia accelerometri e giroscopi
- Spesso queste categorie di sensori **coesistono in un unico dispositivo definito “Sistema di misura inerziale”** (Inertial Measurement Unit, IMU). Gli IMU misurano accelerazioni lineari 3D e velocità angolari rispetto ad un sistema di riferimento interno
- A seguito dei progressi nella tecnologia dei sistemi microelettromeccanici (MEMS), **i sensori di movimento attualmente disponibili in commercio sono miniaturizzati, leggeri e caratterizzati da basso consumo energetico.**
- Queste caratteristiche li rendono attraenti per **l’impiego sia in lab che in campo clinico o domiciliare**, così come pure per l’integrazione in capi di abbigliamento o accessori di varia natura



# Considerazioni generali

AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL MEDICINE  
Copyright © 1971 by The Williams & Wilkins Co.

Vol. 50, No. 6  
Printed in U.S.A.

## ACCELEROGRAPHIC ANALYSIS OF SEVERAL TYPES OF WALKING<sup>1</sup>

GARY L. SMIDT, Ph.D.,<sup>2</sup> JASBIR S. ARORA, Ph.D.,<sup>3</sup> AND  
RICHARD C. JOHNSTON, M.D.<sup>4</sup>

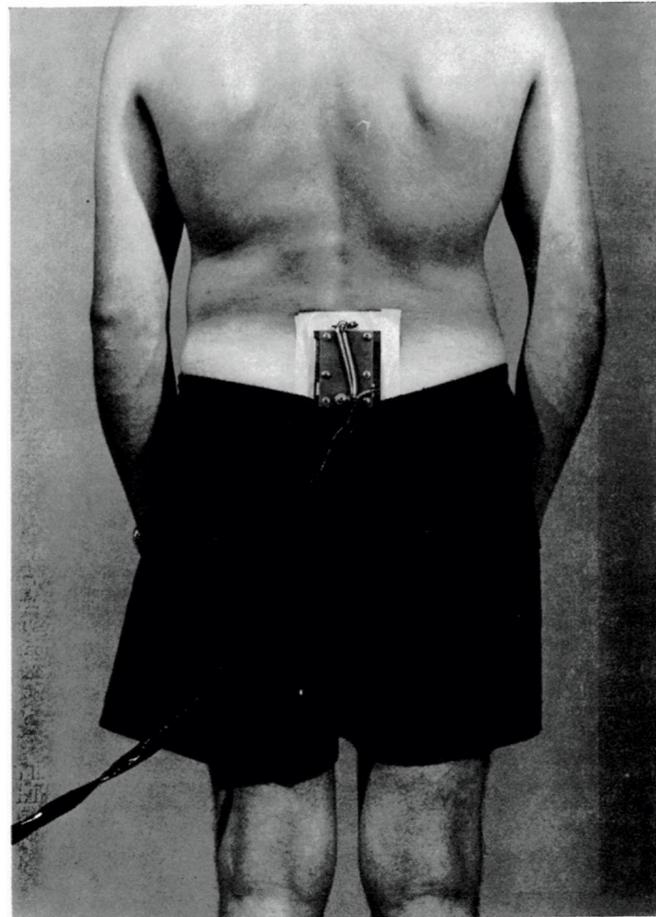
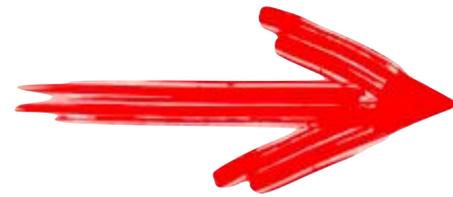


FIG. 1. Accelerometers attached to subject.

1971



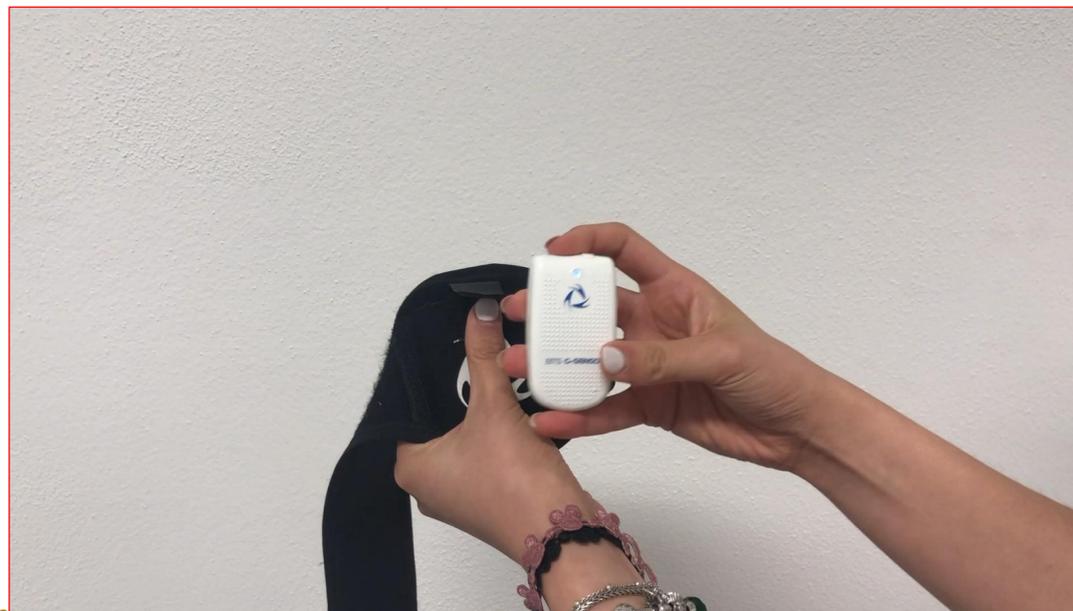
Dimensioni: 70x40x18 mm  
Peso: 37 g



Oggi



# Test in ambito clinico: cammino



- I sensori inerziali indossabili miniaturizzati consentono di «strumentare» **classici test motori** (cammino, TUG, 6mWT) fornendo un set di parametri più ampio di quello solitamente ricavabile da una tipica valutazione clinica
- Nel **cammino**: velocità, lunghezza passo, cadenza, durata delle fasi di appoggio, volo e doppio supporto, ecc.
- Nel **TUG**: durata totale, durata, velocità ed accelerazioni delle singole sottofasi (i.e., sit-to-stand, rotazione intermedia e finale, stand-to-sit)
- Nel **6mWT**, parametri spazio-temporali medi e loro variazione nel corso dei 6 minuti

# Televalutazione

The screenshot shows a mobile application interface for tele-evaluation. At the top, there is a status bar with a home icon, a Bluetooth connection to 'BAIOBIT0190', a battery level of 70%, and a user profile icon. The main content area is divided into a left sidebar and a main grid of test options. The sidebar contains a large blue circle with the letters 'BT', the patient's name 'Mario Rossi', his birth date '05/08/1964', weight '86 Kg', and height '176 cm'. Below this, there are four menu items: 'TEST', 'ESERCIZI', and 'LISTA ESAMI'. The main grid consists of seven circular icons, each representing a different test: 'Test del Cammino' (walking), 'Test Cervicale' (neck), 'Test della Spalla' (shoulder), 'Test del Tronco' (trunk), 'Test di Equilibrio' (balance), and 'Test di Salto' (jump). The 'Test di Equilibrio' icon has two small floating icons: 'F.I.' and a timer icon.



# Monitoraggio dell'attività fisica

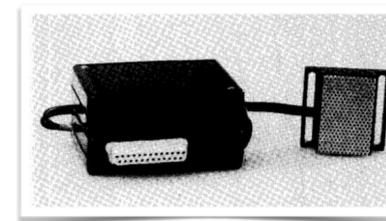
- Gli **accelerometri** rappresentano un elemento fondamentale nella **valutazione dell'attività fisica in contesti ecologici e per lunghi periodi di tempo**
- Fornendo una **misura quantitativa ed oggettiva del movimento**, consentono di superare alcune delle limitazioni tipiche associate all'utilizzo di strumenti quali questionari, diari, ecc.
- I primi tentativi di applicazione di queste tecniche risalgono alla fine degli anni'80, tuttavia solo **alcuni progressi tecnologici fondamentali su aspetti quali autonomia, ingombro, costo, ecc.**, ne hanno consentito ampia diffusione negli ultimi 20 anni, anche in campo clinico

IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 38, NO. 3, MARCH 1991

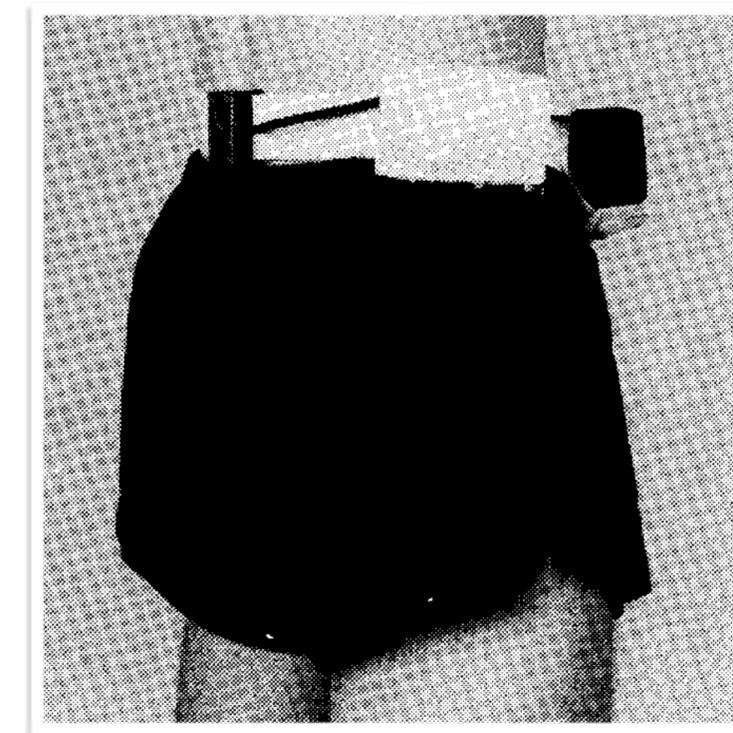
221

## Methods to Assess Physical Activity with Special Reference to Motion Sensors and Accelerometers

Gerwin A. L. Meijer, Klaas R. Westerterp, Francois M. H. Verhoeven, Hans B. M. Koper, and Foppe ten Hoor

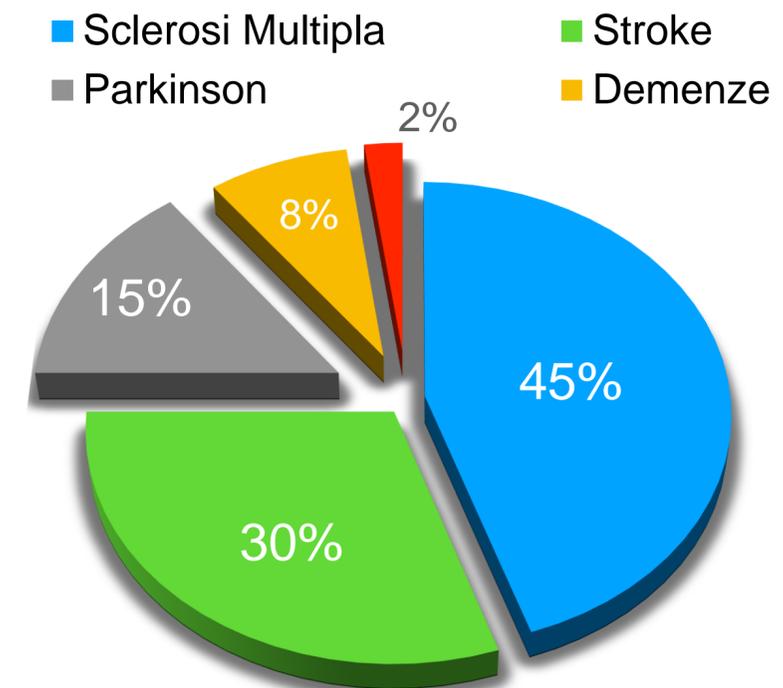


1991



# Monitoraggio dell'attività fisica

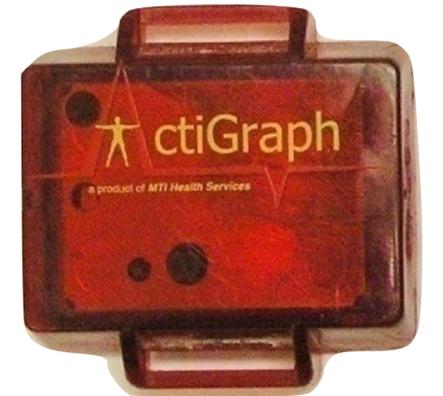
- Gli **accelerometri** rappresentano un elemento fondamentale nella **valutazione dell'attività fisica in contesti ecologici e per lunghi periodi di tempo**
- Fornendo una **misura quantitativa ed oggettiva del movimento**, consentono di superare alcune delle limitazioni tipiche associate all'utilizzo di strumenti quali questionari, diari, ecc.
- I primi tentativi di applicazione di queste tecniche risalgono alla fine degli anni'80, tuttavia solo **alcuni progressi tecnologici fondamentali su aspetti quali autonomia, ingombro, costo, ecc.**, ne hanno consentito ampia diffusione negli ultimi 20 anni, anche in campo clinico



Periodo 2004-2014 n=137

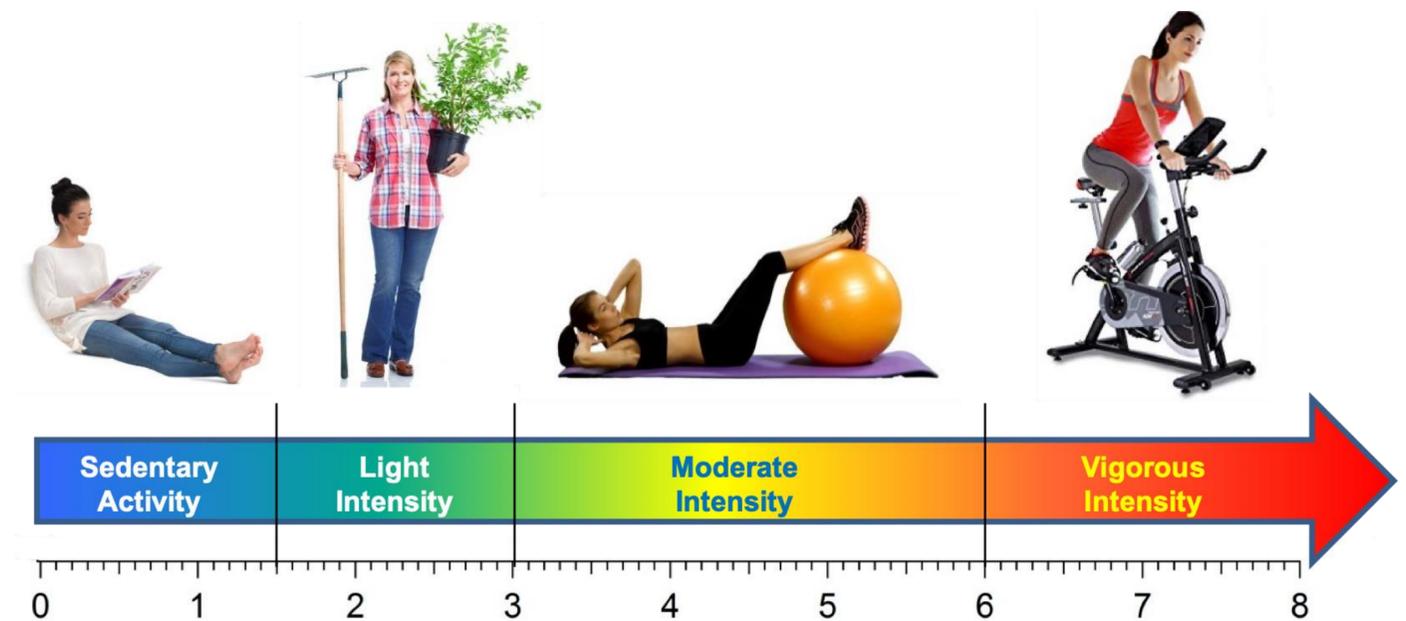
# Activity Monitor: generalità

- I moderni accelerometri per applicazioni cliniche o di ricerca, sono caratterizzati da **autonomia fino a 25-30 giorni**, **memoria interna fino ad 8 GB**, **frequenza di campionamento fino a 500 Hz**
- I modelli più sofisticati consentono la **trasmissione dei dati in tempo reale** (via Bluetooth a Smartphone o Hub) **a piattaforme cloud** che forniscono anche funzionalità avanzate di gestione della reportistica
- Alcuni modelli recenti incorporano **ulteriori funzionalità** (livello di illuminazione, battito cardiaco, ecc.)
- Il costo oscilla tra i **250 e i 600 Euro**



# Parametri ottenibili

- **Numero di passi giornalieri**
- Tempo speso in **attività fisica a differente intensità** (sedentaria, leggera, moderata, vigorosa)
- **Vector Magnitude** (misura composta dell'accelerazione registrata sui tre assi)
- **Durata e qualità del sonno**
- Tempo trascorso in **posizione eretta, seduta, sdraiata**



# Parametri ottenibili



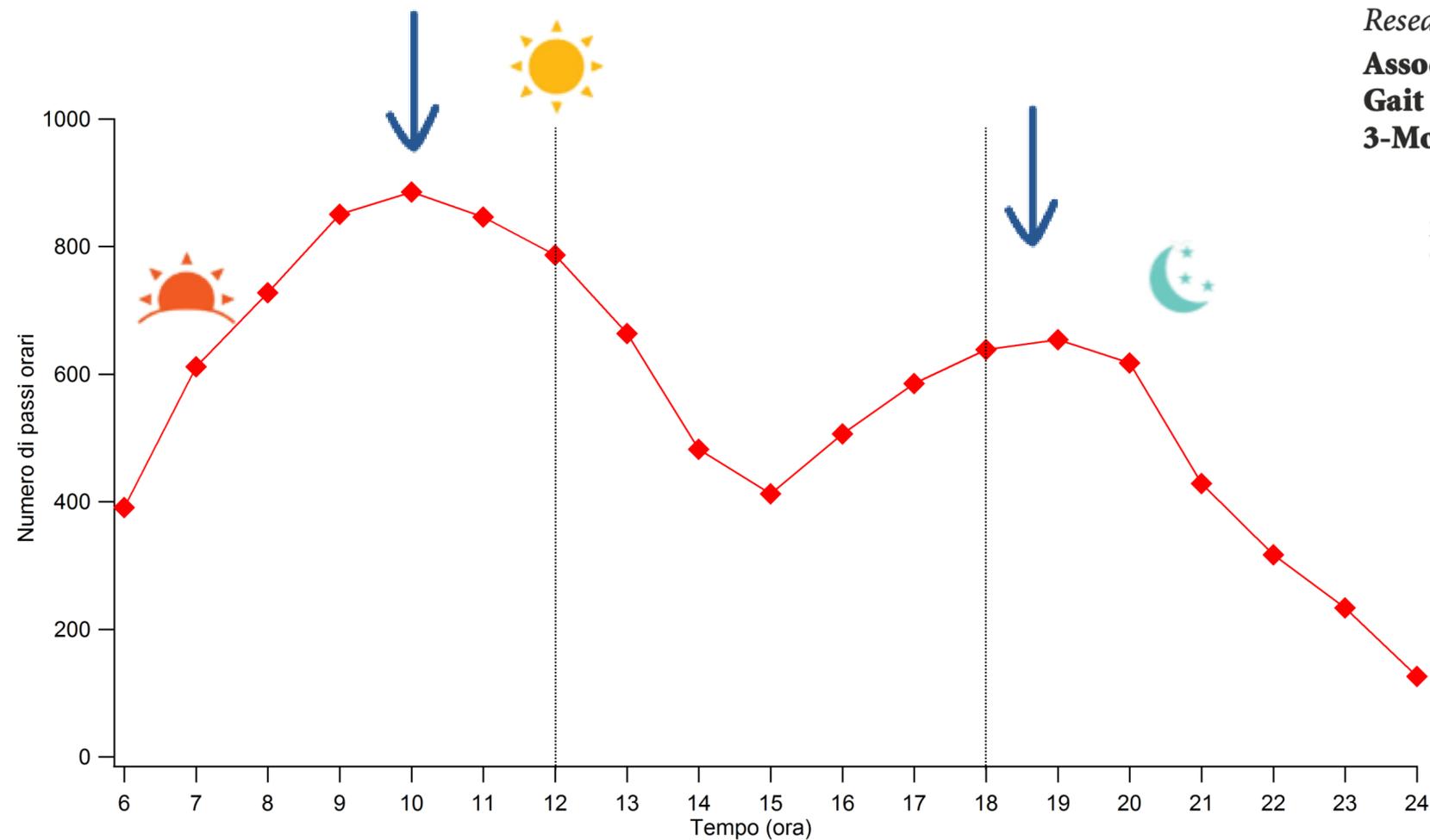
Hindawi  
Parkinson's Disease  
Volume 2018, Article ID 7806574, 10 pages  
<https://doi.org/10.1155/2018/7806574>



## Research Article

### Association between Objectively Measured Physical Activity and Gait Patterns in People with Parkinson's Disease: Results from a 3-Month Monitoring

Micaela Porta,<sup>1</sup> Giuseppina Pilloni,<sup>1</sup> Roberta Pili,<sup>2</sup> Carlo Casula,<sup>2</sup> Mauro Murgia,<sup>3</sup> Giovanni Cossu,<sup>2</sup> and Massimiliano Pau<sup>1</sup>

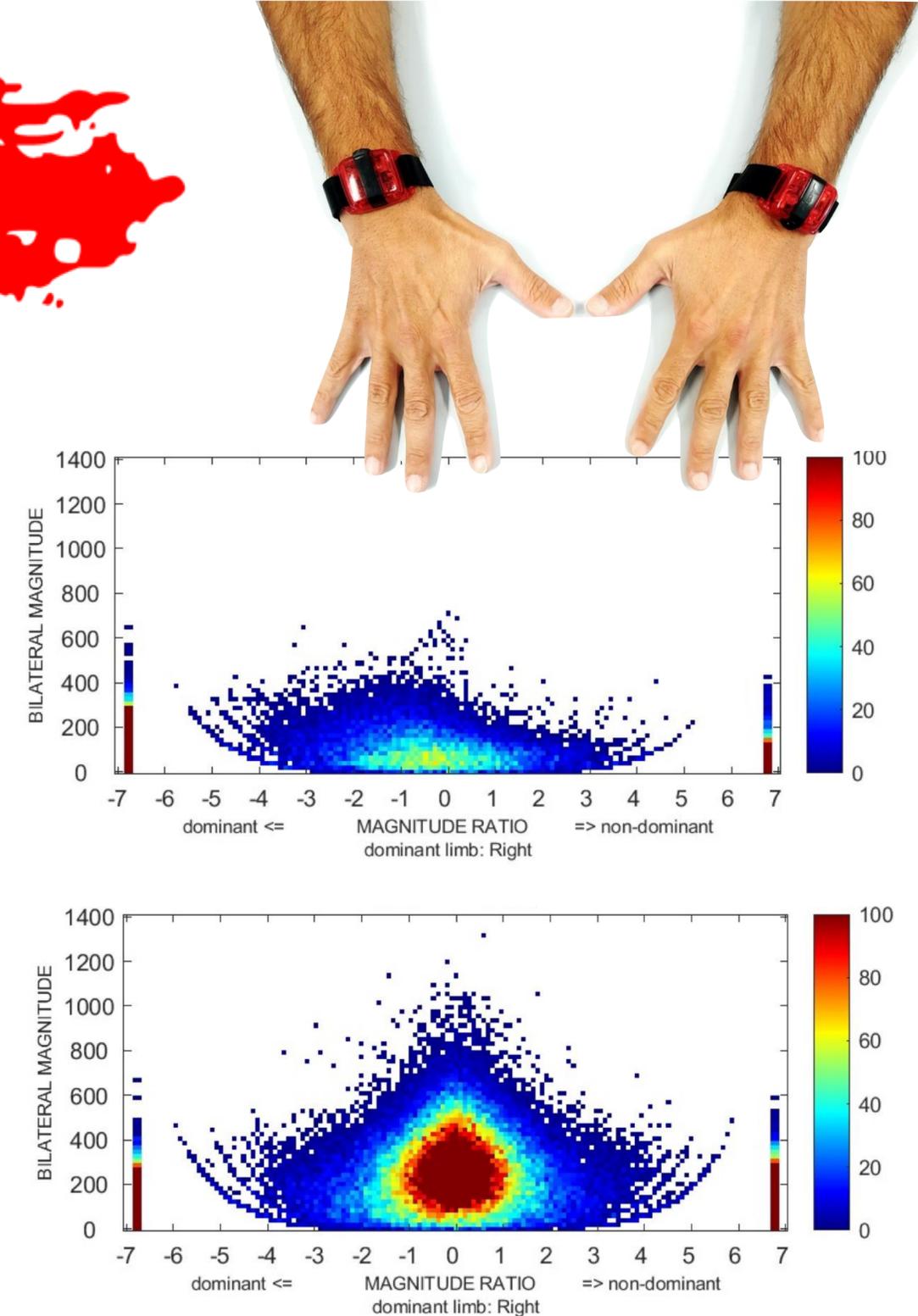


Andamento del numero di passi/ora nel periodo 6-24



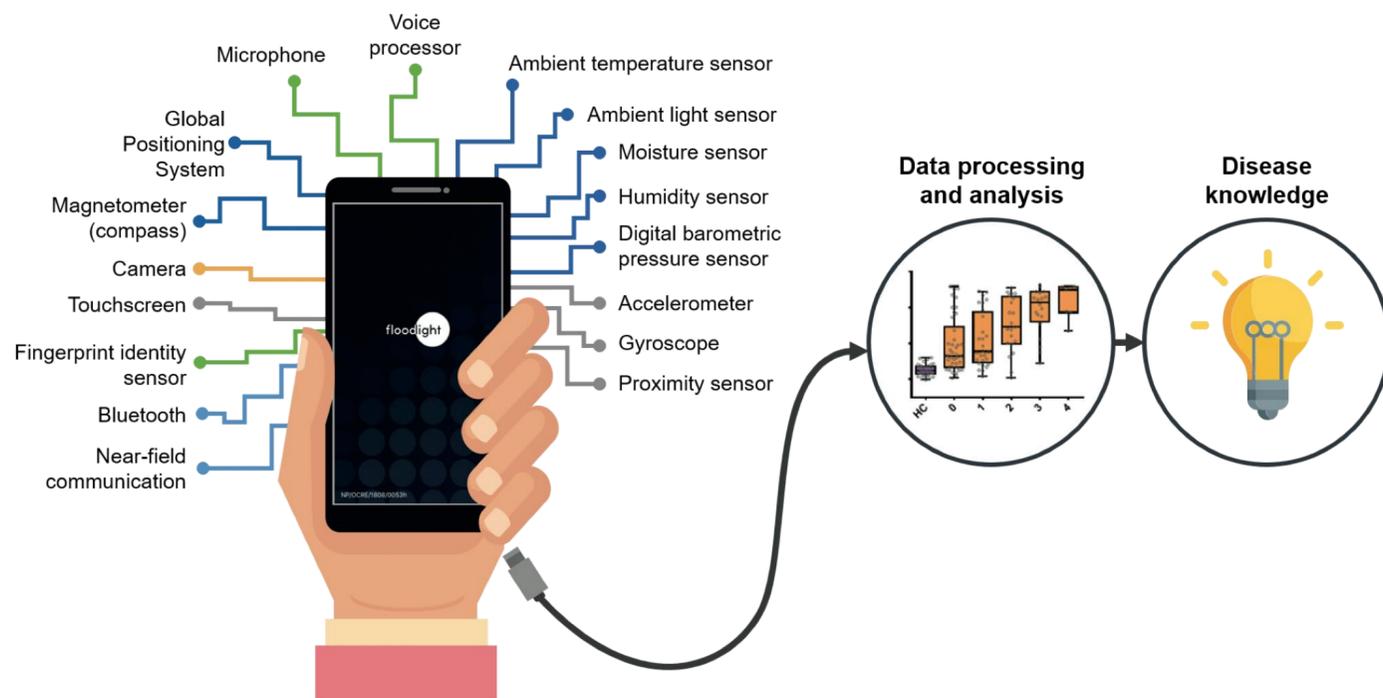
# Movimento arti superiori

- Recentemente è stato proposto l'**utilizzo simultaneo di due accelerometri** posizionati sul polso per ottenere **informazioni relative al movimento degli arti superiori** in individui affetti da patologie neurologiche (Ictus, Sclerosi Multipla)
- In questo caso, **partendo dai valori grezzi del Vector Magnitude** (misura composta delle accelerazioni triassiali registrate dallo strumento) si possono ottenere alcune **metriche di simmetria ed intensità del movimento**
- Possibile utilizzo: **verifica dell'efficacia di trattamenti riabilitativi e/o farmacologici** (specie in presenza di deficit asimmetrici) **valutazione del decorso della patologia**



Utilizzabile anche in **soggetti non deambulanti**

# Smartphone

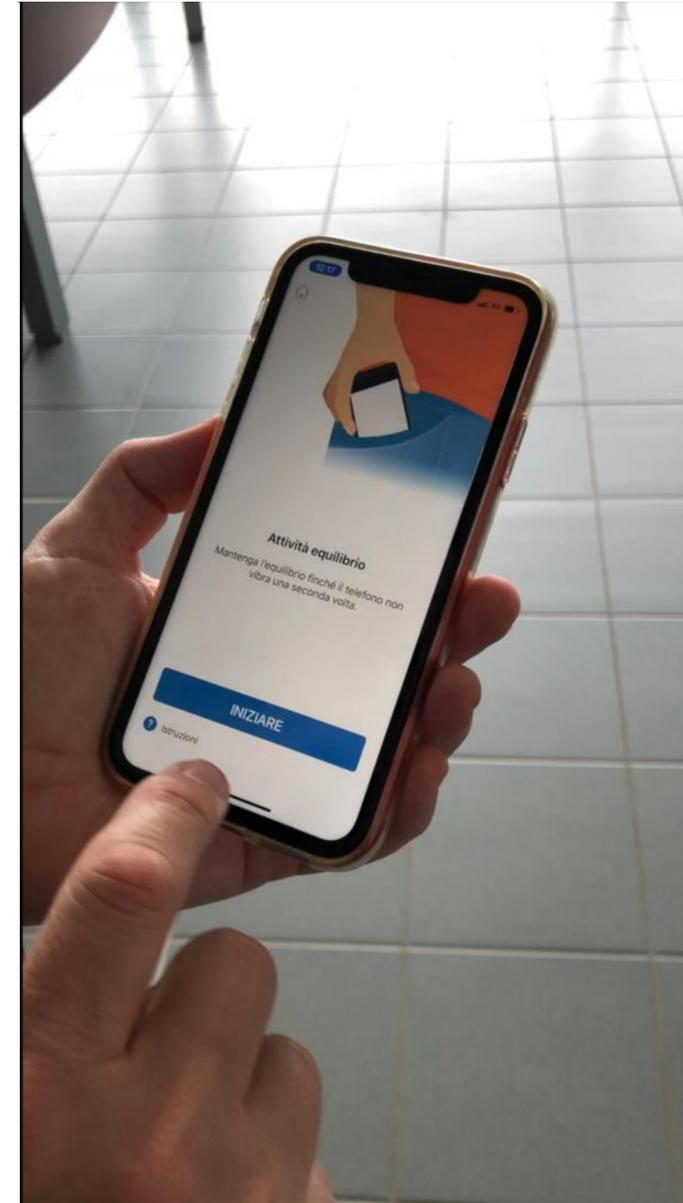
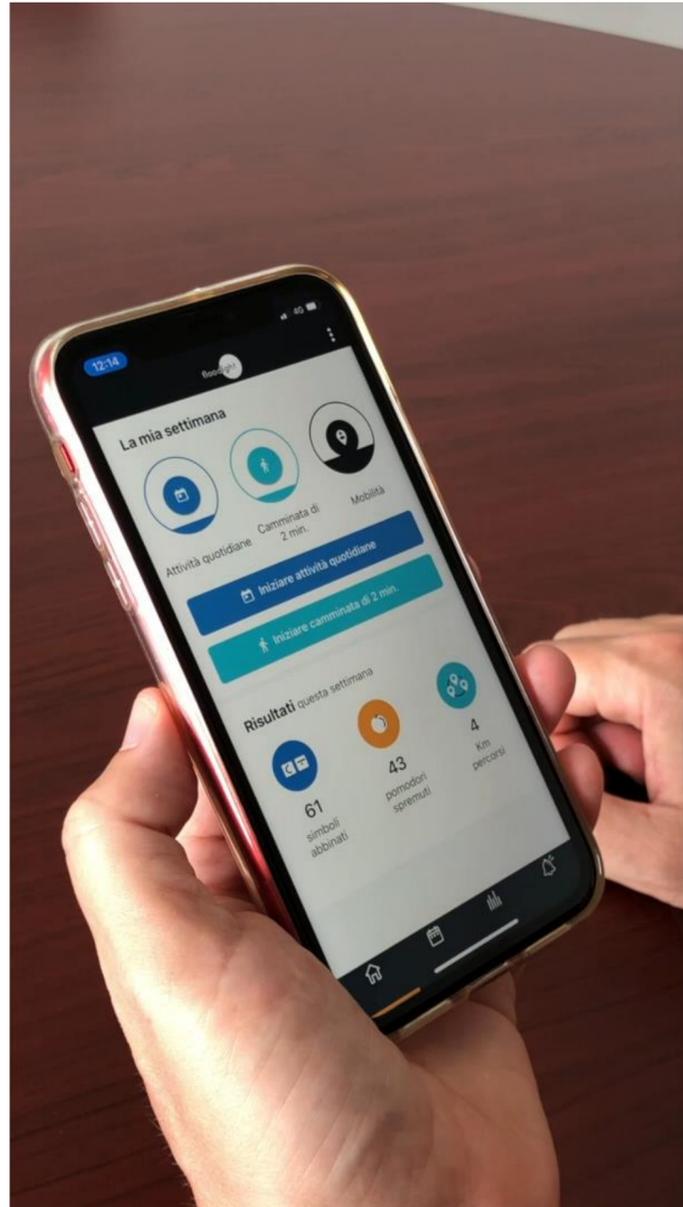


- I **moderni smartphone** sono equipaggiati con sensori (accelerometri e giroscopi) potenzialmente idonei alla valutazione di equilibrio e movimento.
- La possibilità di realizzare **software “ad hoc”** permette l’implementazione di **test cognitivi, motori e la compilazione di questionari**
- Il **mix di raccolta dati attiva** (il paziente effettua test sullo smartphone) e **passiva** (anche in combinazione con un activity tracker da polso) lascia intravedere grandi potenzialità nell’utilizzo di queste tecnologie “consumer” quale **ausilio e complemento alla valutazione clinica tradizionale**
- Non essendo necessaria supervisione, questo approccio si rivela particolarmente utile in caso di limitazioni agli spostamenti e all’attività ambulatoriale (COVID-19)



Baker et al., Nature, 2019

# I test da smartphone



A horizontal brushstroke in a vibrant, multi-colored purple and blue gradient, with a white text overlay.

**Alcuni esempi**

# Applicazioni: Malattia di Parkinson

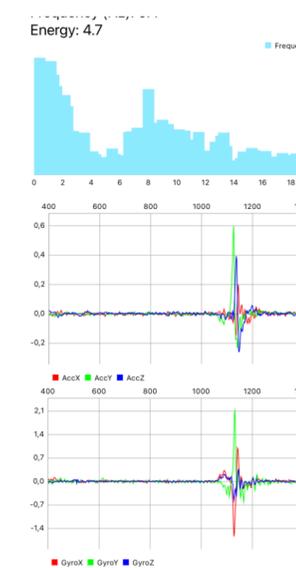


## Parkinson's Disease Remote Patient Monitoring During the COVID-19 Lockdown

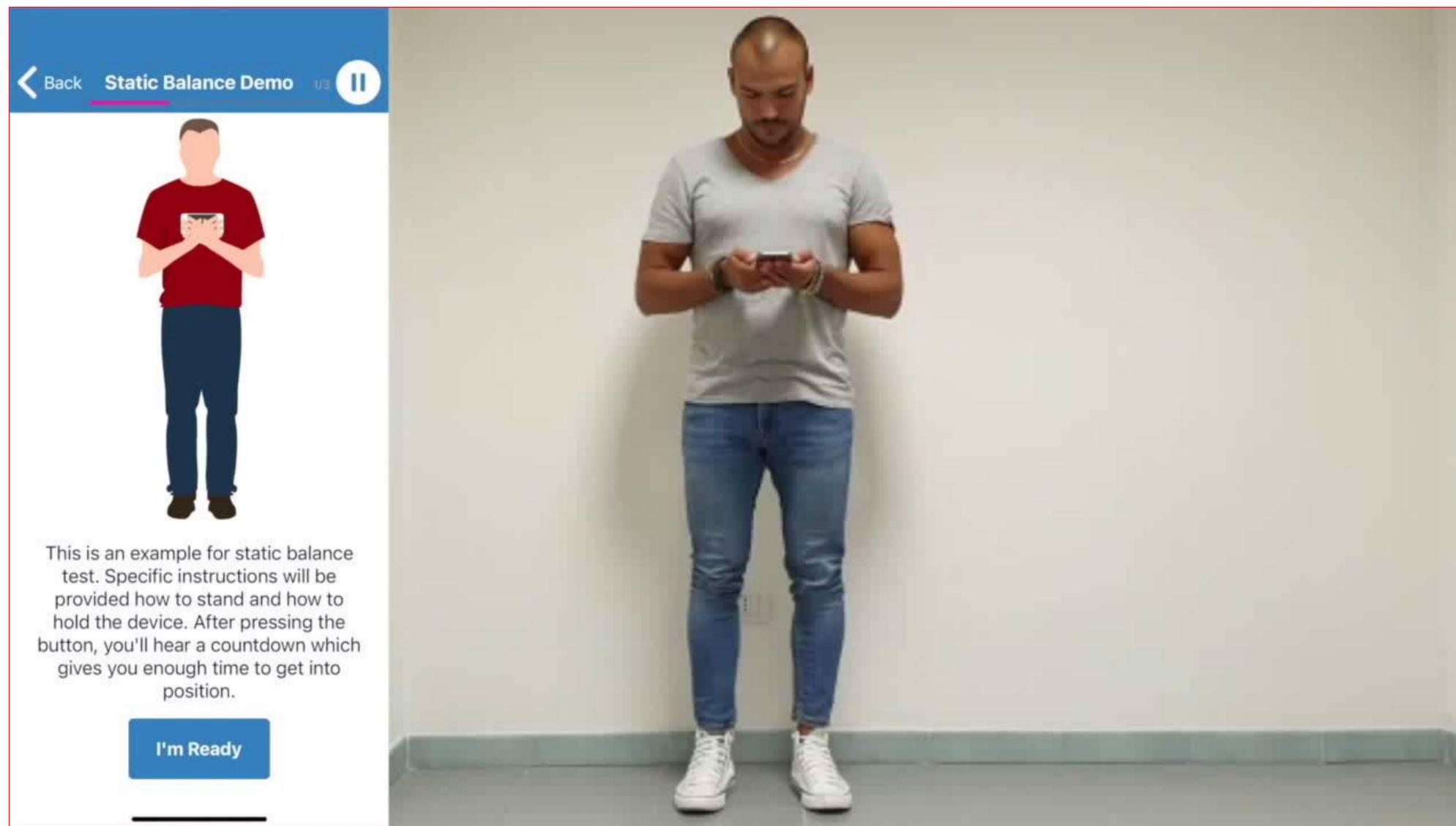
Francesco Motolese<sup>1</sup>, Alessandro Magliozzi<sup>1</sup>, Fiorella Puttini<sup>1</sup>, Mariagrazia Rossi<sup>1</sup>, Fioravante Capone<sup>1</sup>, Keren Karlinski<sup>2</sup>, Alit Stark-Inbar<sup>2</sup>, Ziv Yekutieli<sup>2</sup>, Vincenzo Di Lazzaro<sup>1</sup> and Massimo Marano<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Neurology, Neurophysiology and Neurobiology Unit, Department of Medicine, University Campus Bio-Medico of Rome, Rome, Italy, <sup>2</sup> Montfort Brain Monitor, Binyamina, Israel

- **Obiettivo:** monitoraggio di 45 persone con Malattia di Parkinson durante il lockdown di Marzo 2020
- **Strumenti:** app per smartphone “Encephalog” (2 volte/settimana per 3 settimane)
- **Aspetti valutati:** cammino, destrezza (finger tapping), tremore, memoria e funzioni esecutive
- **Questionari telefonici:** sintomi non motori e qualità della vita



# Applicazioni: Malattia di Parkinson



# Applicazioni: SLA

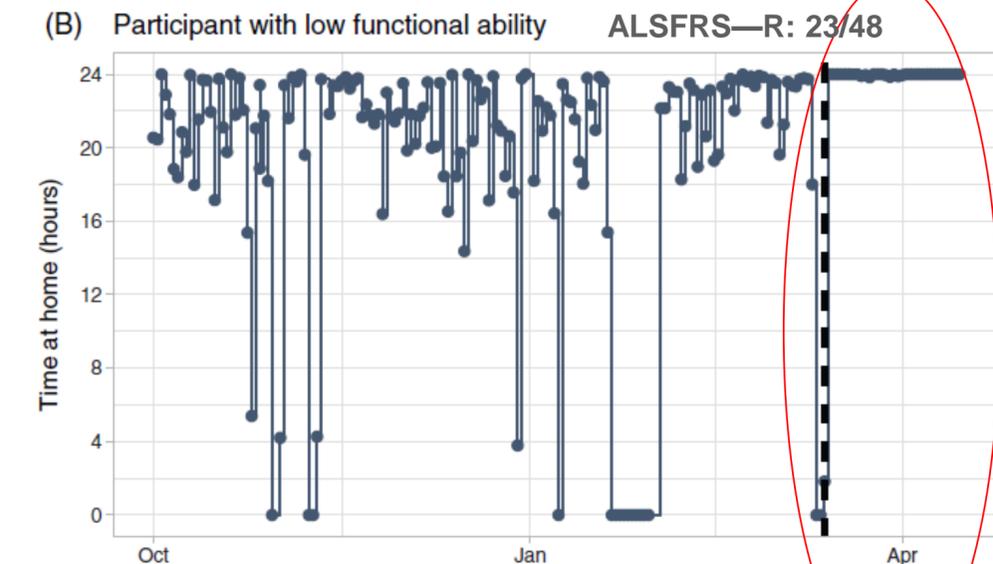
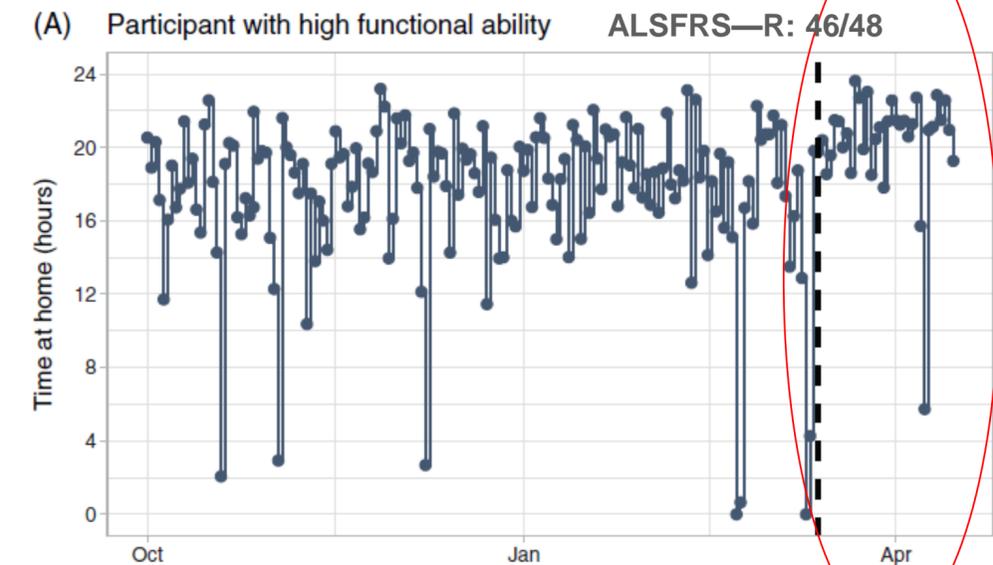
CLINICAL RESEARCH SHORT REPORTS

MUSCLE & NERVE WILEY

## Smartphone data during the COVID-19 pandemic can quantify behavioral changes in people with ALS

Anna L. Beukenhorst PhD<sup>1</sup> | Ella Collins BS<sup>2</sup> | Katherine M. Burke DPT<sup>2</sup> |  
Syed Minhajur Rahman BS<sup>2</sup> | Margaret Clapp BA<sup>3</sup> | Sai Charan Konanki MS<sup>1</sup> |  
Sabrina Paganoni MD, PhD<sup>2,4</sup> | Timothy M. Miller MD, PhD<sup>3</sup> |  
James Chan MD, MPH<sup>5</sup> | Jukka-Pekka Onnela PhD<sup>1</sup> | James D. Berry<sup>2</sup>

- **Obiettivo:** monitoraggio di 8 persone con SLA durante il lockdown di Marzo 2020
- **Strumenti:** app per smartphone “Beiwe”. Raccolta dati passiva sulla mobilità
- **Aspetti valutati:** tempo trascorso a casa (ore) e distanze percorse (km)
- **Risultati:** tempo a casa da 19.4 ore a 23.7 ore. Distanza media percorsa: da 42 a 3.7 km



# Applicazioni: Sclerosi Multipla

CASE

## Effects of COVID-19 “Sheltering in Place” on Activity in People With Multiple Sclerosis

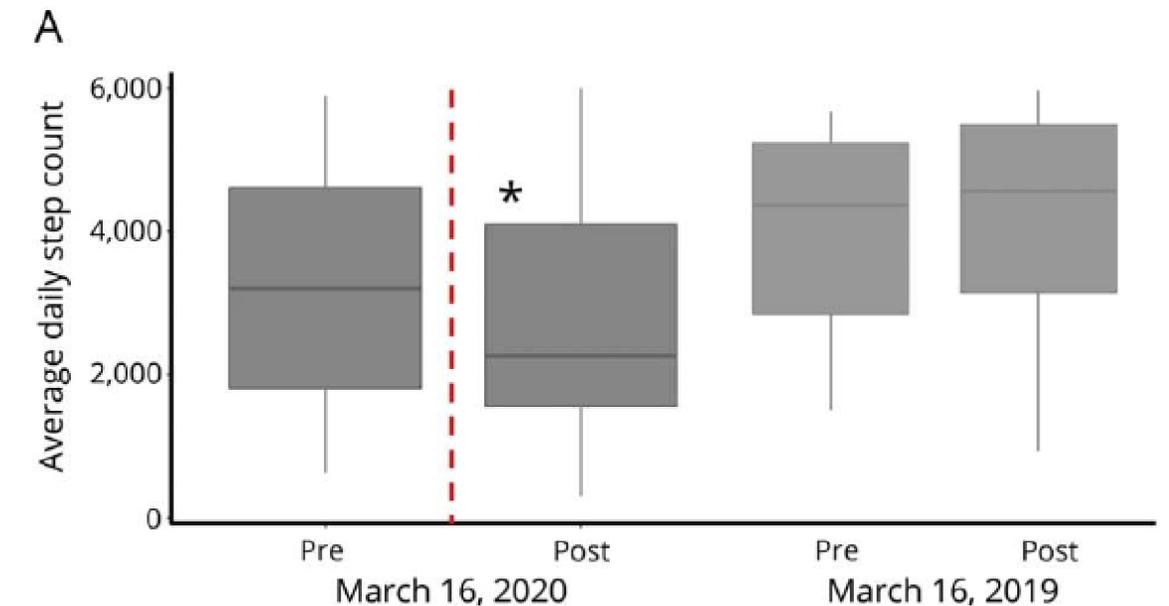
Valerie J. Block, PT, DPTSc,\* Riley Bove, MD, MMSc,\* Jeffrey M. Gelfand, MD, MAS, and Bruce A.C. Cree, MD, PhD, MAS

*Neurology: Clinical Practice* April 2021 vol. 11 no. 2 e216-e218 doi:10.1212/CPJ.0000000000000982

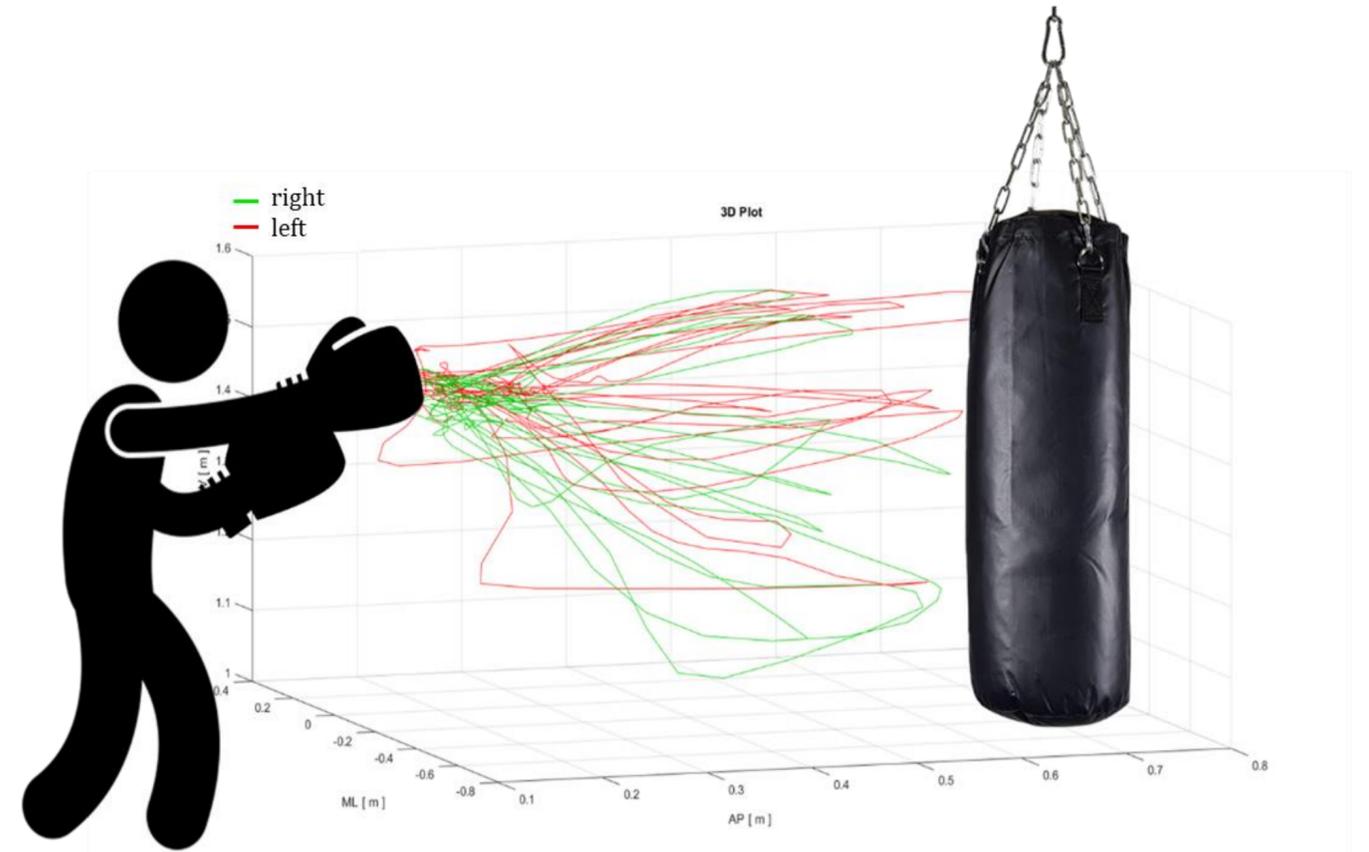
Correspondence  
Dr. Cree  
Bruce.Cree@ucsf.edu



- **Obiettivo:** monitoraggio della mobilità in 42 pwMS
- **Strumenti:** activity tracker Fitbit Flex 2
- **Aspetti valutati:** numero di passi giornalieri
- **Risultati:** nel periodo di lockdown, i passi giornalieri sono passati da 5106 a 4180.



# Teleriabilitazione



# In conclusione...

- Nell'ultimo decennio è cresciuta (e crescerà sempre più esponenzialmente in futuro) la possibilità di **individuare e caratterizzare mobilità e attività fisica nel paziente neurologico attraverso dispositivi indossabili leggeri, relativamente non-intrusivi, economici e capaci di restituire informazioni quantitative e oggettive** anche su periodi di lunga durata, in ambiente ecologico
- Tuttavia, **l'impiego clinico "di routine" di dispositivi indossabili resta ancora un obiettivo non immediatamente raggiungibile**, se non per alcuni limitati casi.
- **Il monitoraggio remoto**, riducendo la necessità per il paziente di recarsi nel centro specializzato, consente un **migliore accesso alle cure** in particolare per gli **individui svantaggiati geograficamente o privi di mobilità autonoma**
- **Il paziente può sentirsi maggiormente coinvolto e assumere un ruolo attivo nel percorso di trattamento e cura della patologia.** Il paziente può accedere ai propri dati sanitari, mediante app e software, seguire il decorso della patologia e verificare l'impatto del trattamento





**Grazie per l'attenzione**