



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO
DI MECCANICA

Risposta vascolare digitale: validazione di un dispositivo portatile per la misura del flusso termico cutaneo

Carlotta Massotti

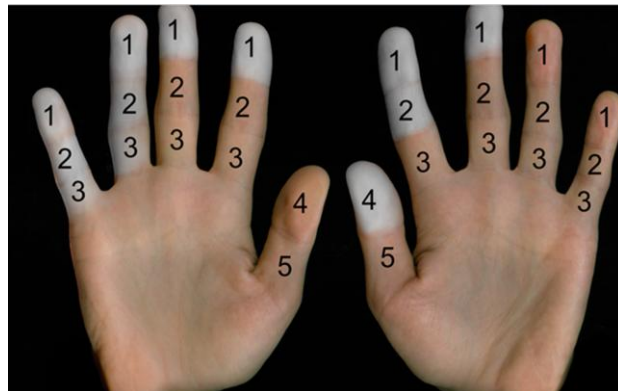
Carlotta.massotti@polimi.it

Diagnosi sindrome di Raynaud – Stato dell'arte

Vasospasmo in presenza di stimoli scatenanti che alterano il flusso sanguigno nelle aree periferiche del corpo.

1. Metodi qualitativi:

- Stockholm Workshop Scale
- Griffin's scoring



Griffin's scoring

2. Metodi quantitativi:

- Misurazione della pressione sistolica delle dita tramite pletismografia
- Misura della temperatura cutanea



Pletismografia Multi-Canale

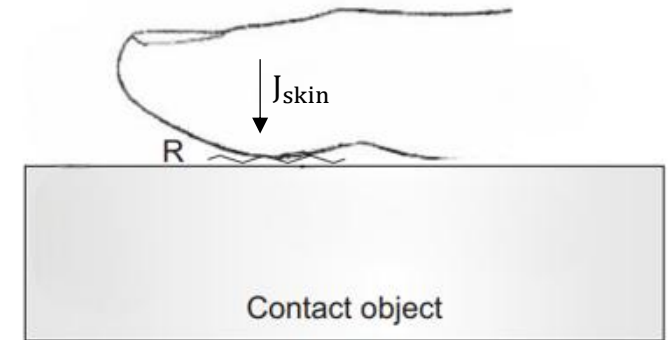
Approccio proposto

Limite attuale

I metodi oggi disponibili richiedono **strumentazione ingombrante** e **personale specializzato**, rendendo poco pratiche le valutazioni di routine.

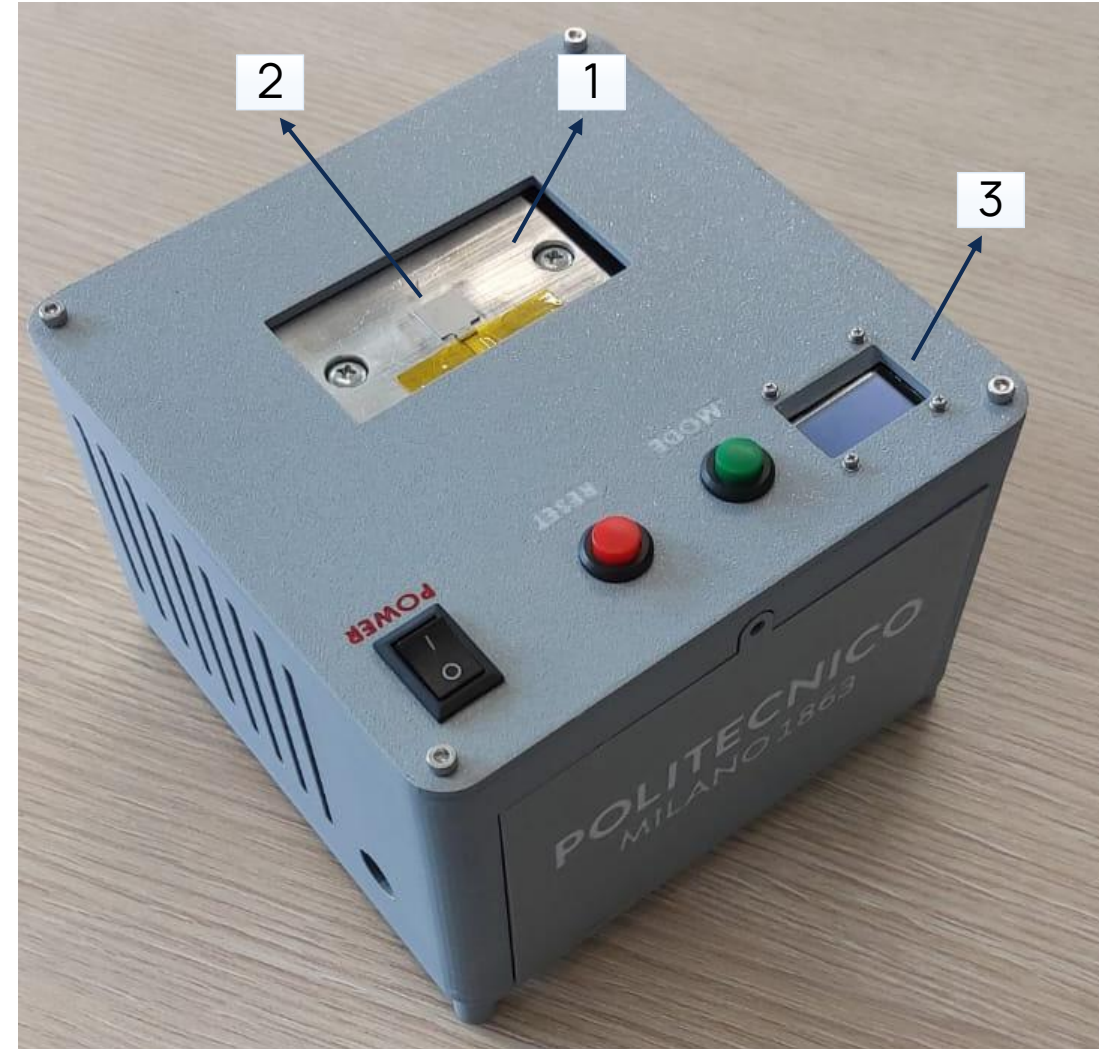
Soluzione proposta

- Tecnica di misura **non invasiva e semplice** per il monitoraggio periodico.
- Valutazione della **funzione vascolare periferica** tramite **potenza termica** scambiata tra il dito e una superficie fredda.
- Legata alla **temperatura cutanea**, parametro già utilizzato nei test convenzionali
- Il raffreddamento è limitato all'estremità del dito e di durata più breve.



Dispositivo portatile

- Piastra di alluminio a temperatura controllata (1)
- Interfaccia di appoggio del dito per misura della potenza termica (2)
- Misura della forza applicata
- Display per feedback forza applicata (3)
- Bottoni per interazione



Dispositivo portatile

1. Modalità standby

2. Raffreddamento:

- Temperatura di 10 °C, in accordo con le norme ISO per i test di provocazione al freddo (ISO 14835-1 e ISO 14835-2).

3. Modalità misura:

- Misura potenza termica
- Controllo della temperatura
- Controllo della forza applicata



Validazione

- Confronto con misura del flusso sanguigno tramite pletismografia a estensimetri
- Potenza termica come indicatore non invasivo, ripetibile e clinicamente interpretabile della funzione vascolare periferica
- 20 soggetti



	Females (n=10)	Males (n=10)	Total sample (n=20)
Age (yr)	34.6 (7.6)	35.6 (6.2)	35.1 (6.8)
Height (cm)	164 (5.4)	180 (9.7) ^b	172 (11.1)
Weight (kg)	64.1 (12.5)	76.7 (12.1) ^a	70.4 (13.6)
BMI (kg/m ²)	23.9 (4.6)	23.7 (2.9)	23.8 (3.7)

^ap=0.034; ^bp=0.0003

Misurazioni

Variabili

1. Flusso sanguigno: Estensimetro a mercurio-in-silicone alla base dell'unghia; bracciale pneumatico sulla falange prossimale. Gonfiaggio del bracciale a **60 mmHg** (occlusione venosa); si registra l'aumento di volume e si esprime in **ml/100 ml/s**. 1 misura ogni 10 s . Risultato: valore medio di 10 misure
2. Potenza termica: dito a contatto con l'interfaccia a 10°C con forza applicata 1 N. Risultato: media su 100 s

Test

1. Misura con dito a contatto con superficie non raffreddata (solo flusso sanguigno)
2. Misura con dito a contatto con superficie raffreddata (flusso sanguigno e potenza termica)

Condizioni

1. 5 sessioni per soggetto in diverse giornate
2. Dito indice mano destra
3. Ambiente controllato

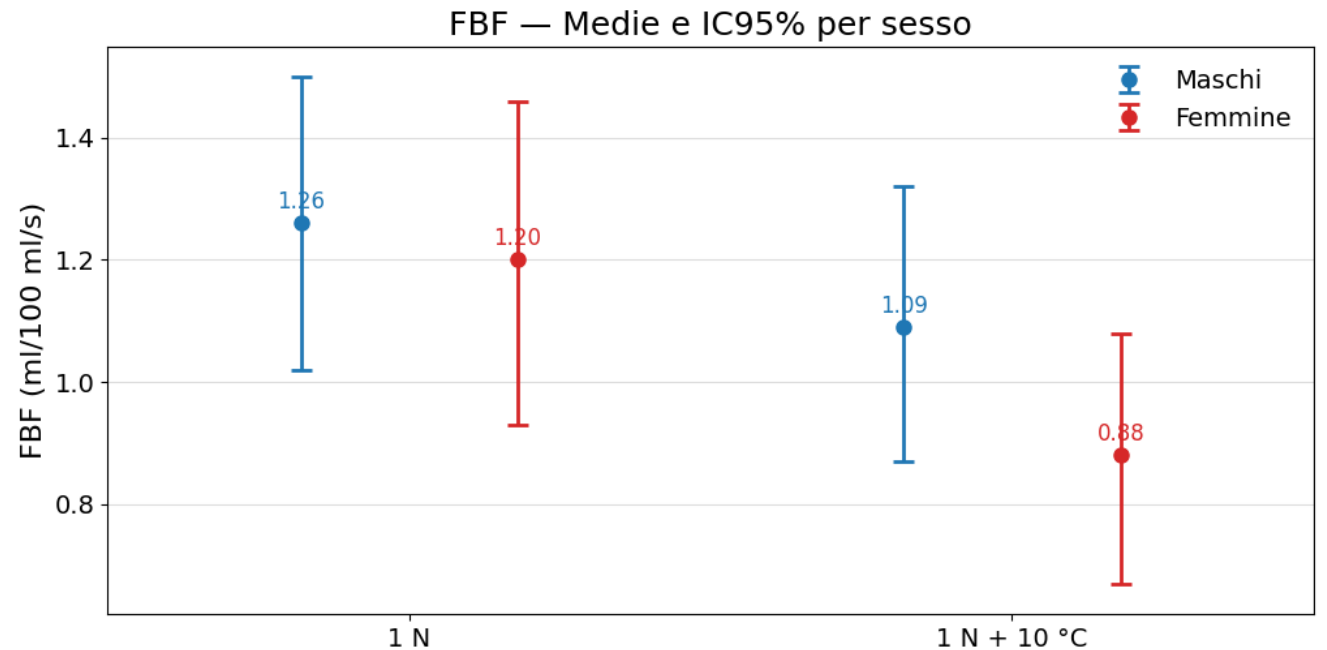
Obiettivi

1. Verificare che il contatto con la piastra fredda sia sufficiente per indurre una variazione di flusso sanguigno nelle dita (risposta vasocostrittiva)
2. Quantificare il legame tra misure di flusso sanguigno e potenza termica

1. Effetto stimolo freddo

Le differenze tra medie appaiate sono state verificate con t-test per dati appaiati (di Student)

Soggetti		Flusso sanguigno (ml/100 ml/s)
		Media (95% CI)
Maschi (n=10, oss=50)	1-N	1.26 (1.02-1.50)
	1-N + 10°C	1.09 (0.87-1.32) ^a
Femmine (n=10, oss=50)	1-N	1.20 (0.93-1.46)
	1-N + 10°C	0.88 (0.67-1.08) ^b
Totale (n=20, oss=100)	1-N	1.23 (1.05-1.41)
	1-N + 10°C	0.98 (0.83-1.14) ^b



^ap=0.017; ^bp<0.0001

2. Relazione flusso sanguigno e potenza termica

- Regressione lineare con intercetta casuale per soggetto.
- Variabile dipendente (esito): potenza termica media
- Variabili indipendenti (predittori): Età, Sesso, BMI, Temperatura ambiente, Flusso sanguigno
- Errori standard robusti (rSE), per gestire le misure ripetute.

Fattore	Maschi	Femmine	Totale
	(n=10, oss=48)	(n=10, oss=50)	(n=20, oss=98)
	Coefficiente (rSE)	Coefficiente (rSE)	Coefficiente (rSE)
Età	3.45 (2.22)	0.99 (1.17)	1.34 (1.12)
Sesso (M vs F)	-	-	-2.96 (12.37)
BMI (kg/m ²)	6.81 (2.12) ^b	3.08 (1.23) ^a	4.15 (1.38) ^a
Temperatura ambiente (°C)	15.50 (4.82) ^b	3.49 (4.24)	9.30 (3.03) ^a
Flusso sanguigno (ml/100ml/s)	32.30 (12.43) ^a	48.46 (9.13) ^c	34.09 (9.22) ^c
Intercetta	-486.40 (173.01)	-33.30 (95.64)	-191.72 (83.29)
R ²	0.466	0.682	0.514

^ap≤0.01; ^bp=0.001; ^cp<0.0001

Conclusioni

- Dispositivo portatile per test di provocazione al freddo a 10 °C, con raffreddamento limitato alla sola estremità del dito e di breve durata.
- Validazione con flusso sanguigno misurato tramite pletismografia a estensimetri
- Potenza termica all'interfaccia dito–superficie fredda come indicatore della perfusione sanguigna..
- Nei volontari sani il test a 10 °C determina una riduzione significativa del flusso ematico digitale, coerente con la vasocostrizione indotta dal freddo, con una risposta più marcata nel sesso femminile.
- La relazione tra potenza termica e flusso sanguigno è confermata dal modello di regressione lineare con intercetta casuale per soggetto.
- Validazione dello strumento come supporto diagnostico in pazienti affetti dalla sindrome



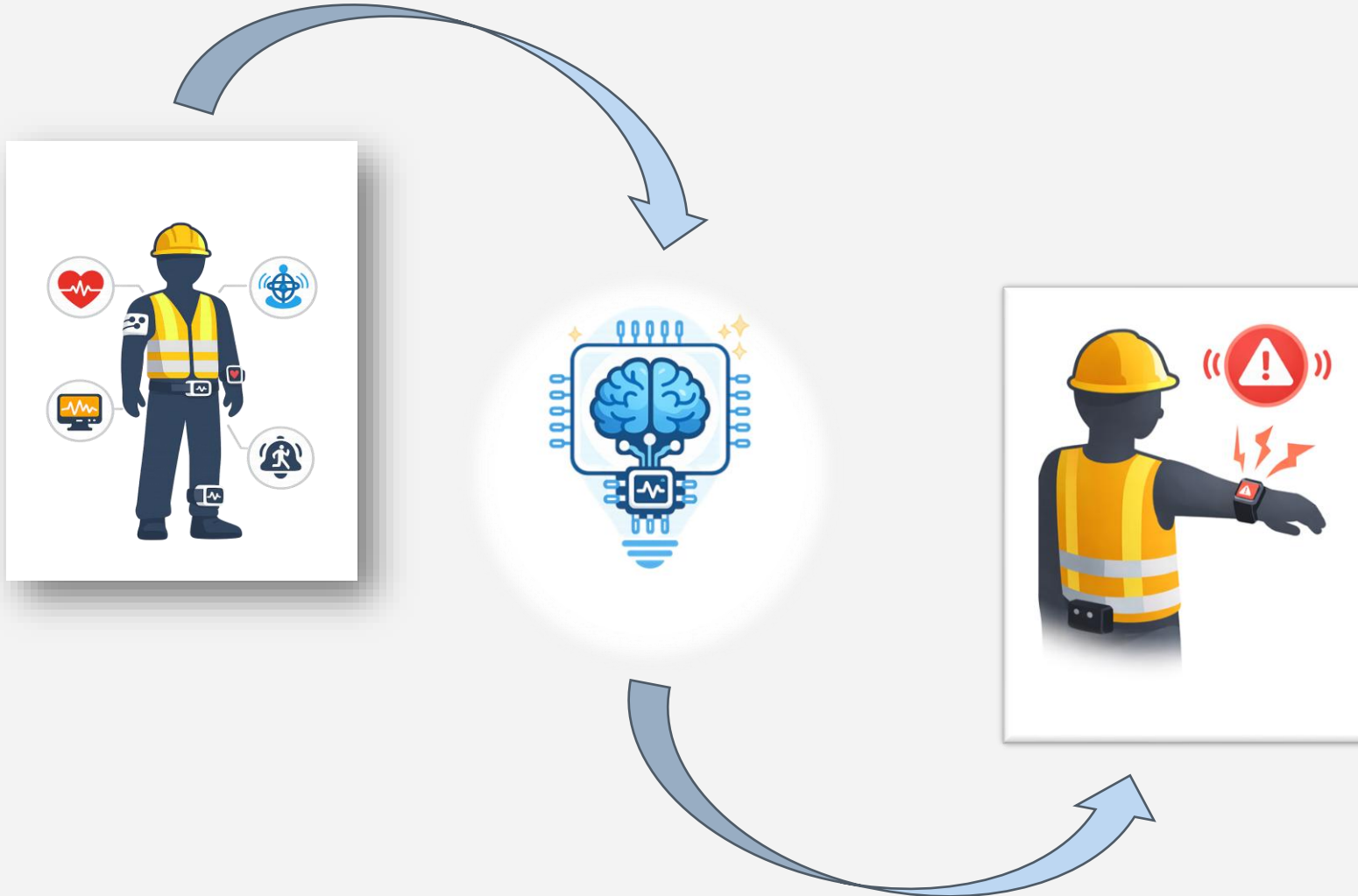
POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO
DI MECCANICA

Monitoraggio della fatica dei lavoratori tramite wearable e AI

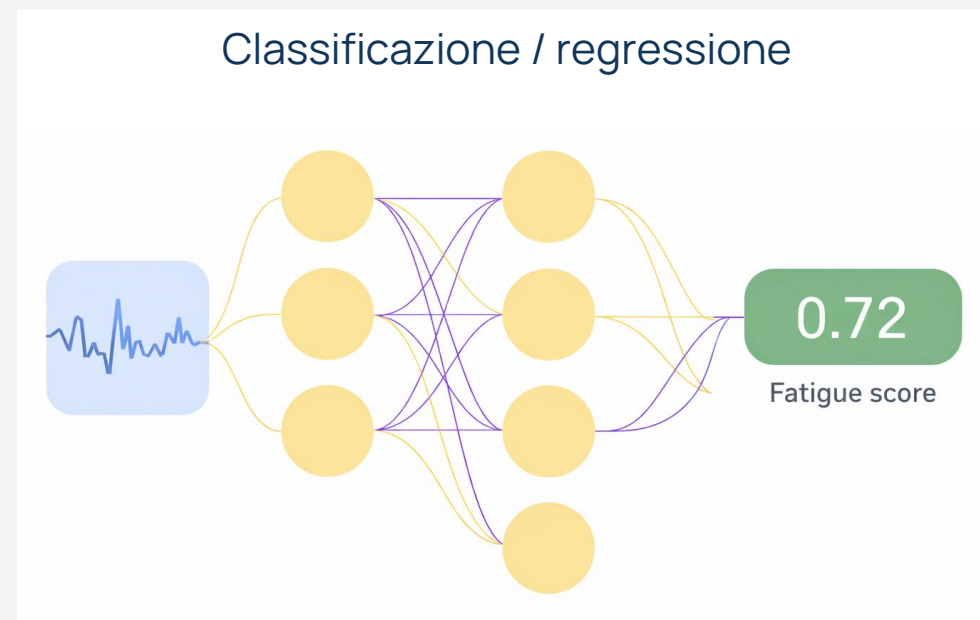
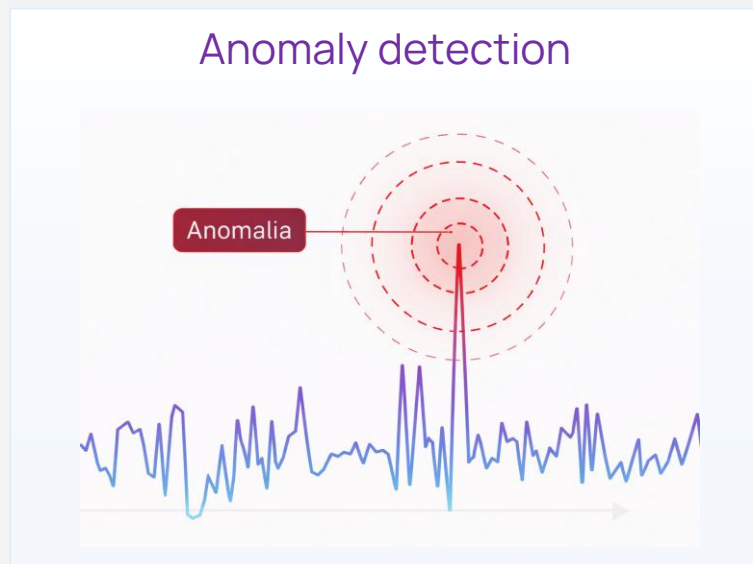
Carlotta Massotti

Monitoraggio della fatica dei lavoratori tramite wearable e AI



- **Acquisizione multimodale** tramite sensori indossabili: battito, postura/movimento IMU, EMG, ecc.
- **Analisi data-driven** con algoritmi addestrati per anomaly detection o classificazione della fatica.
- **Allerta automatica** in caso di deviazione dalla baseline o superamento di soglie critiche di fatica.

Algoritmi

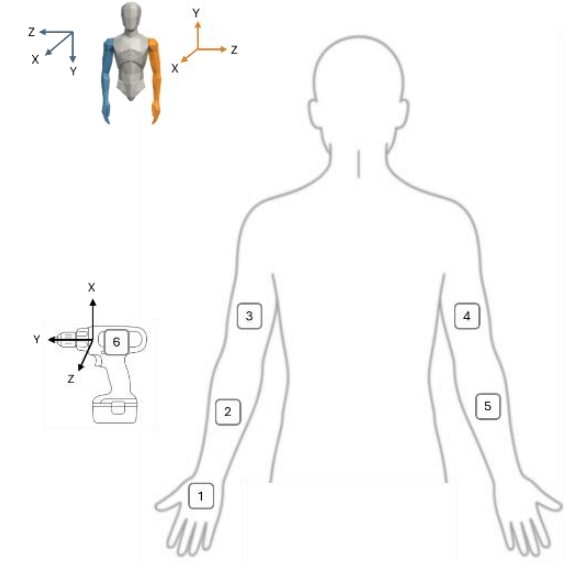


Entrambi i modelli richiedono una fase di addestramento per apprendere il comportamento normale o le classi di fatica.

Setup sperimentale



EMGs



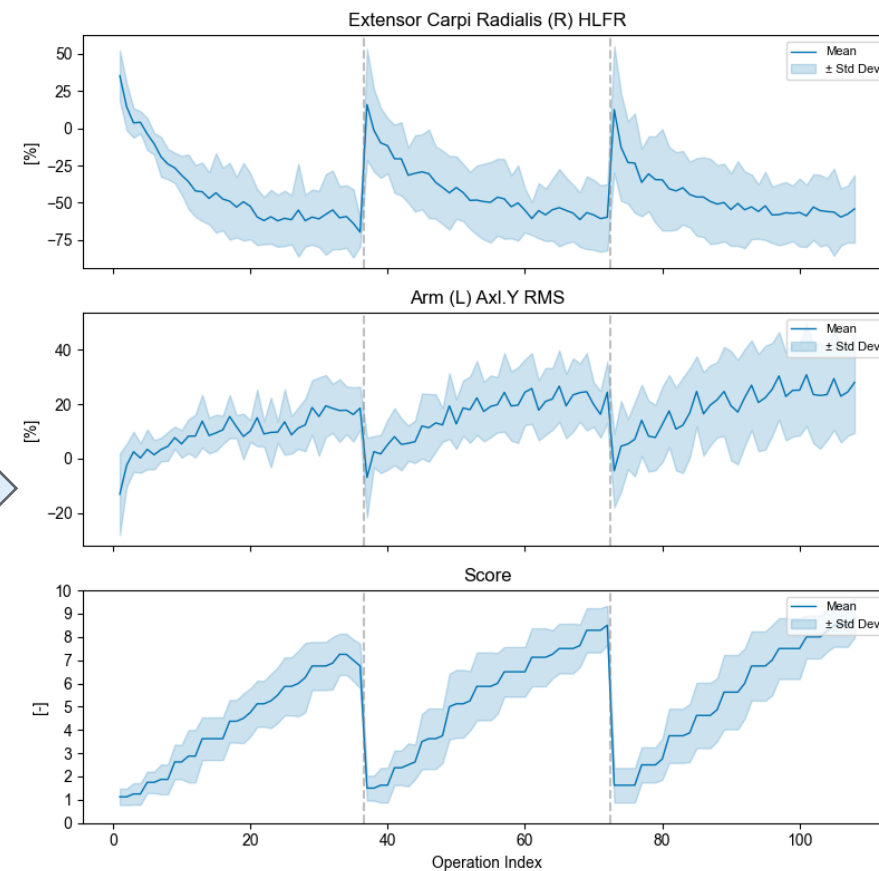
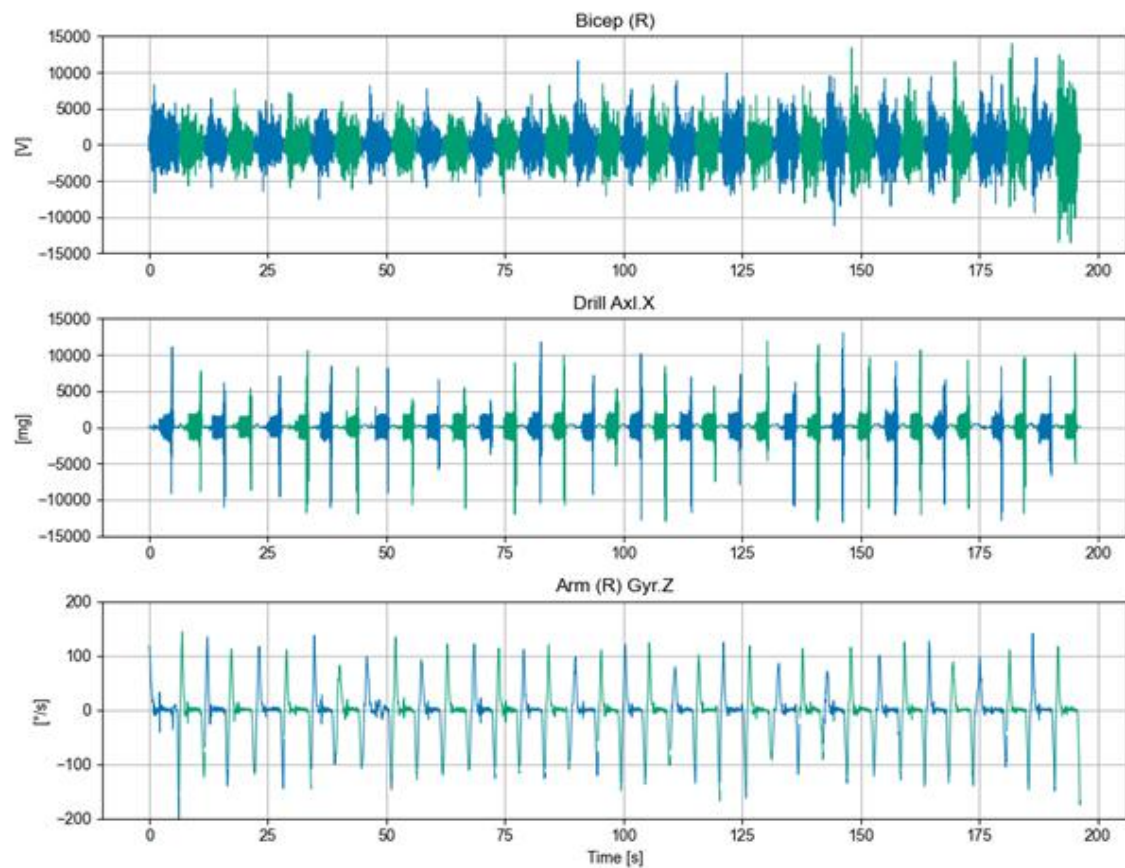
IMUs



Borg CR10 (1-10)

Dataset: 10 persone, 3 serie da 36 avvitamanti · 3 serie da 36 svitamanti

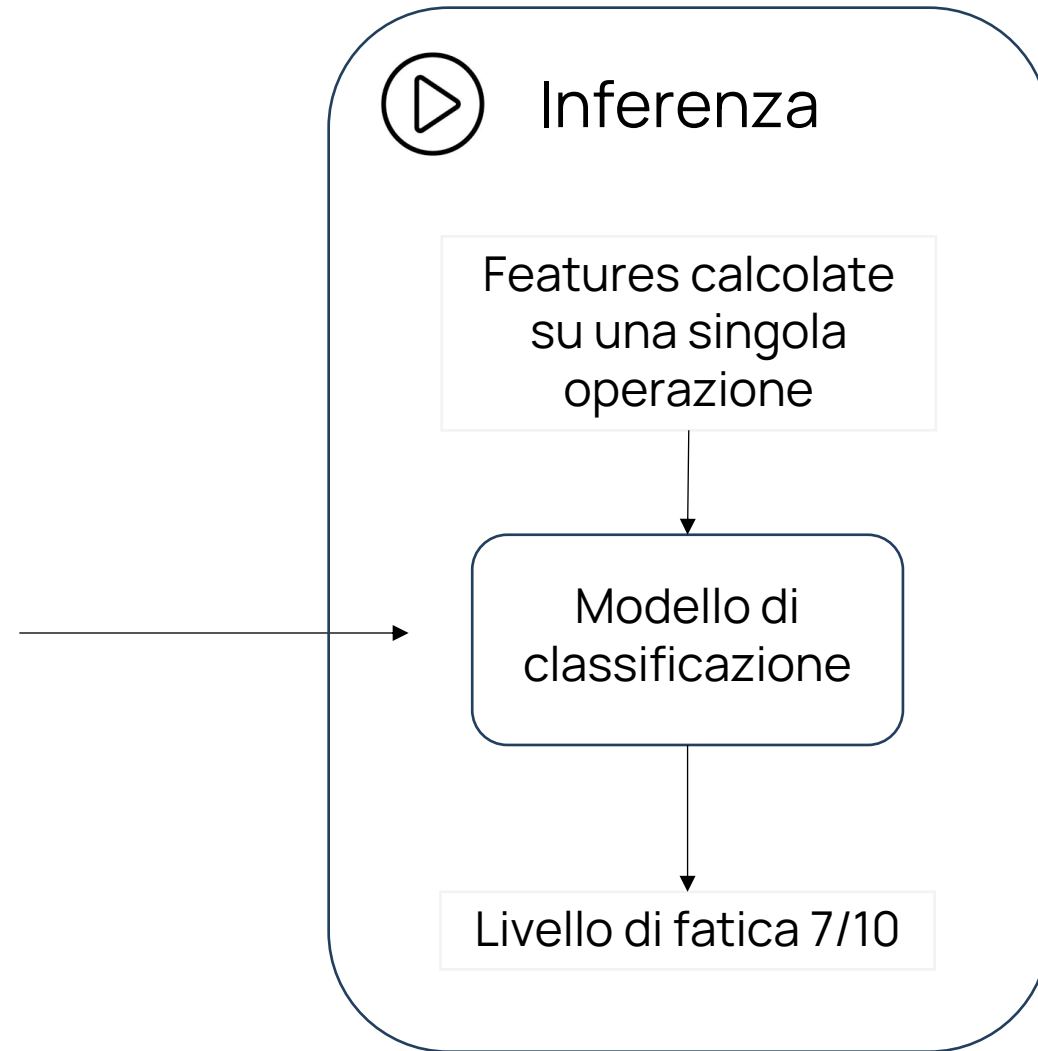
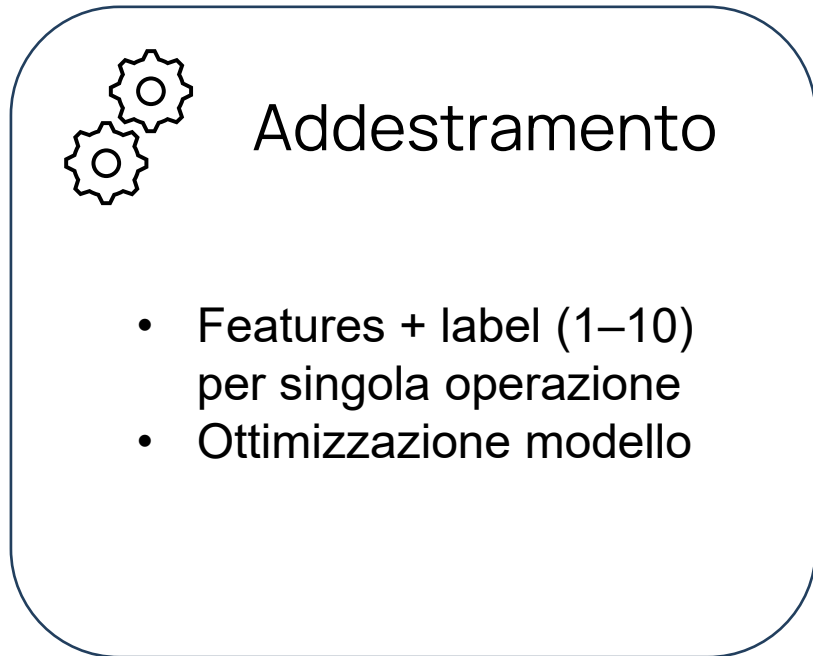
Estrazione delle feature



↑
Pausa

↑
Pausa

Algoritmo





Grazie per l'attenzione