



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

**Riconoscimento dei gesti della vita quotidiana da segnali
mioelettrici ed accelerometrici dell'arto superiore**

**Activity daily living gesture recognition from upper limb
myoelectric and accelerometric signal**

Relatore:

Ing. Federica Verdini

Tesi di Laurea di

Ludovica Moschetti

Correlatori:

Ing. Andre Tigrini

Ing. Alessandro Mengarelli

Indice

1	Introduzione.....	3
	1.1 I sistemi wearable.....	5
2	Stato dell'Arte.....	6
	2.1 Gesture recognition.....	6
	2.2 Il Dispositivo.....	7
	2.3 Le Gesture.....	8
	2.3.1 Le Gesture Statiche.....	9
	2.3.2 Le Gesture Dinamiche.....	10
3	Materiali e Metodi.....	16
	3.1 Data Collection.....	16
	3.2 Software.....	21
4	Data Analysis.....	23
5	Conclusioni.....	46

1 Introduzione

In questo elaborato andremo a definire un possibile protocollo sperimentale per il riconoscimento delle attività della vita quotidiana e di alcuni gesti di specifiche mansioni in ambito industriale tramite l'utilizzo di segnali mioelettrici ed accelerometrici dell'arto superiore. Ci si pone questo obiettivo dato che il trend del futuro è quello di permettere all'uomo di interagire senza contatto con dispositivi elettronici. Questo studio prende spunto dalle ricerche nel settore della Gesture Recognition che ha come obiettivo l'interpretazione dei gesti umani che, con lo sviluppo delle differenti tecnologie indossabili, rappresenta una delle metodologie più utilizzate per definire le interfacce intelligenti per l'interazione uomo-macchina. Per la definizione del protocollo sperimentale ci serviremo di un dispositivo indossabile, il Myo Armband, in grado di acquisire segnali mioelettrici ed accelerometrici.

I gesti possono essere considerati parte integrante del nostro linguaggio. I gesti sono semplici, esplicitivi, intuitivi e riescono talvolta a far trapelare il nostro stato d'animo. Con il passare del tempo e con l'avanzare della tecnologia, i gesti sono diventati fondamentali anche nel campo dell'informatica. Non sono più, quindi, solo fondamentali nei rapporti

uomo-uomo ma anche nel rapporto uomo-macchina. Questa necessità è stata segnata dallo sviluppo delle tecnologie indossabili e dal loro utilizzo nella *Gesture Recognition*: quel processo che utilizza sensori per leggere e interpretare i movimenti della mano e del braccio come comandi. Sono molteplici gli ambiti in cui il dispositivo che andremo ad utilizzare è impiegato: si va dal settore ludico, in cui il Myo Armband viene utilizzato come sostituto del joystick o del mouse, al settore sanitario le cui applicazioni sono numerose ma allo stesso tempo limitate e ancora di carattere di ricerca quali: il controllo protesico e il sistema di riabilitazione. Proprio Hussein Naeem Hasan in [1] considera il Myo Armband come un dispositivo che potrebbe assistere pazienti parzialmente amputati nella riabilitazione della mano dopo ictus o una qualsiasi lesione. Le motivazioni alla base dello studio sono inerenti alle difficoltà della riabilitazione che, secondo l'autore, riguardano sia le esigenze della visita clinica e la supervisione diretta del fisioterapista che la ripetitività, il costo e le tempistiche legate agli esercizi della riabilitazione stessa. Con queste motivazioni l'autore si pone come obiettivo l'implementazione di un sistema, che consiste di un'interfaccia utente grafica (GUI) su uno schermo di smartphone portatile, a basso costo, che possa guidare i pazienti durante la riabilitazione.

Dato il notevole interesse nei confronti dei dispositivi indossabili sono stati raggiunti grandi risultati [3][4][6][7][8], che verranno discussi nel capitolo 2,

anche nell'analisi del movimento dell'avambraccio nelle azioni che svolgiamo quotidianamente.

Il riconoscimento dei gesti può, quindi, essere visto come un modo per far apprendere alle strutture di intelligenza artificiale le intenzioni dell'utente al fine di inviare comandi efficaci a devices assistivi o a macchine con cui l'utente deve o vuole interagire.

1.1 I sistemi wearable

Per poter parlare dei sistemi wearable non si può prescindere dal concetto di Internet delle cose (Internet of Things, IoT), introdotto da Ashton in [2] per descrivere la capacità dei sensori di connettersi a Internet e fornire nuovi servizi. Anche Hua-Dong Ma in [8] ha definito l'IoT come una rete che collega un normale oggetto fisico con un indirizzo identificabile per fornire servizi intelligenti. Nel corso degli ultimi anni, l'IoT è diventata una delle tecnologie più importanti del XXI secolo e questo è giustificato dal fatto che può migliorare la qualità della nostra vita. I dispositivi wearable non sono altro che un'applicazione dell'IoT: sono sistemi indossabili finalizzati alla raccolta di dati provenienti dall'interazione tra l'uomo e l'ambiente esterno con l'ausilio di sensori come accelerometro, giroscopio, magnetometro e sensore EMG.

2 Stato dell'Arte

In questo capitolo verrà presentata una breve descrizione riguardo lo stato dell'arte nel campo della Gesture Recognition, andando ad analizzare gli aspetti comuni e non, nei vari articoli presenti in letteratura, con l'obiettivo di dar vita ad un protocollo sperimentale su cui basare il nostro studio.

2.1 La Gesture Recognition

La disciplina della gesture recognition si sviluppa a partire dagli anni '80 per promuovere e migliorare l'interazione fra uomo e macchina che tradizionalmente è associata all'utilizzo di dispositivi di input come mouse e tastiera e di dispositivi di output quali monitor e altoparlanti. Nel caso però di soggetti affetti da handicap, la possibilità di interagire con un dispositivo tradizionale che si basa sull'esecuzione di specifici movimenti e sull'informazione proveniente dagli organi sensoriali può risultare complicata se non impossibile. Per le suddette motivazioni si è iniziato ad ipotizzare che potesse esistere un metodo alternativo e più semplice per interagire con i dispositivi informatici [10] come ad esempio pc, device assistivi, robot riabilitativi. È proprio la disciplina della gesture recognition che si pone come obiettivo il riconoscimento e la classificazione dei gesti degli arti superiori, per renderli comprensibili ad un qualsiasi dispositivo in assenza di input come

mouse o tastiera. Generalmente nell'analisi della gesture recognition si possono identificare cinque fasi principali: acquisizione del segnale, filtraggio, estrazione delle features, classificazione delle gestures e test per il riconoscimento automatico del gesto in questione.

L'obiettivo del nostro studio è il riconoscimento delle "Activity of Daily Living" (ADL) limitate al movimento dell'avambraccio. In particolare, in questo lavoro di tesi verranno prese in esame tutte le suddette fasi che costituiscono la gesture recognition tralasciando nello specifico l'aspetto della pattern recognition. La fase di acquisizione dei dati può essere eseguita con numerosi dispositivi, dalle telecamere (vision based gesture recognition), alle tecnologie sonar, ai guanti sensoriali, ai sensori inerziali ed elettromiografici.

2.2 Il Dispositivo

Il Myo armband è un dispositivo tecnologico indossabile ideato per permettere all'uomo di riconoscere a partire dai segnali elettromiografici e accelerometrici i gesti e movimenti principalmente di mano e avambraccio al fine di gestire istruzioni di comando remoto. Il dispositivo è in grado di registrare dati EMG e dal sensore inerziale, per poi inviarli ad un pc per lo storage e/o l'eventuale elaborazione. Tutto ciò è reso possibile dalla presenza della combinazione di 8 sensori elettromiografici, in grado di misurare l'attività

elettrica dei muscoli del braccio dell'utente, e di una Inertial Measurement Unit (IMU): dotata di un accelerometro 3D, un magnetometro 3D e un giroscopio 3D. Quest'ultimo sensore ci permette di eseguire un'analisi cinematica dettagliata del movimento del braccio. Tale dispositivo sarà poi in grado di condividere i dati prelevati comunicando in forma wireless attraverso il Bluetooth 4.0 Low Energy (BLE).

2.4 Le Gesture

Attualmente la Thalmic Lab ha messo a disposizione un applicativo per il riconoscimento automatico dopo una fase di addestramento di 5 gestures predefinite. Questo potrebbe far sembrare che il Myo Armband sia un dispositivo molto limitato nel suo utilizzo proprio per le poche gestures che possono essere riconosciute. In realtà, ad oggi la maggior parte degli studi esistenti è focalizzato sulla registrazione del segnale EMG durante l'esecuzione di nuove gestures che può poi, attraverso opportune tecniche di *Gesture Recognition*, essere riconosciute e utilizzate per inviare segnali di comandi a dispositivi.

In generale le gestures si dividono in statiche (o air gesture) e dinamiche [3], queste ultime a differenza delle prime prevedono un movimento della mano o dell'avambraccio e quindi una certa misura significativa di accelerazione ed

eventualmente di velocità angolare. Nonostante il nostro studio sia focalizzato unicamente sulle gestures dinamiche verranno menzionati e brevemente illustrati due articoli che trattano la *Gesture Recognition* nel caso di air gestures perché ritenuti interessanti al fine di disporre di una panoramica completa.

2.3.1 Le gesture statiche

Le air gesture sono di più facile analisi rispetto alle dynamic gestures a causa del “ridotto” action loop (la successione delle azioni che caratterizzano un gesto) che le caratterizza [3]. L’analisi delle air gesture riguarda, infatti, quasi esclusivamente i movimenti della mano più che dell’avambraccio.

Nel 2019 *Xiaoliang Zhang et al.* in [3] descrivono un sistema indossabile che possa collezionare una sequenza di movimenti della mano dell’utente. In particolare, viene descritta la realizzazione di un modello che classifica i movimenti della mano eseguendo e testando i dati raccolti dall’IMU, dall’EMG e dalla pressione di dita e palmo della mano. Nel suddetto studio vengono analizzati i seguenti gesti: ‘ok’, ‘vieni’, ‘ciao’, ‘alzare la mano’ e ‘eccellente’ riportati in Figura 1.



Fig. 1: gesture statiche

Xu Zhang et al. in [4] hanno selezionato 72 parole (in Fig. 2) nella lingua dei segni con lo scopo di permettere ad un algoritmo di interpretare il gesto e aiutare le persone sorde a comunicare facilmente con la società. Sono stati condotti due diversi esperimenti, uno in cui due soggetti dovevano eseguire i movimenti relativi alle 72 parole, il secondo focalizzato, invece, su 40 frasi. Tali esperimenti sono, inoltre, stati utilizzati per capire la capacità di riconoscimento dei gesti dell'algoritmo in 3 diverse condizioni: la prima in cui i gesti dovevano essere distinti dal solo segnale accelerometrico, la seconda caratterizzata dal solo utilizzo del segnale EMG e il terzo in cui i segnali EMG e IMU venivano combinati. La condizione con la quale si è riscontrato il maggior numero di gesti riconosciuti è stata la terza. Il tasso di riconoscimento

delle parole è stato pari al 93,4% per il soggetto 1 e al 92,8% per il soggetto 2. Il tasso di riconoscimento complessivo delle frasi è stato del 72,5% a causa del rigoroso criterio statistico secondo cui la correttezza di una frase implica il corretto riconoscimento di tutte le parole che la compongono senza inserzioni, sostituzioni o cancellazioni. Gli autori specificano che ci sono ancora alcuni problemi da studiare ulteriormente: è necessario studiare la fusione di informazioni a due mani e altri parametri utili nel linguaggio dei segni, tra cui lo sguardo, l'espressione facciale, il movimento della testa, del collo e delle spalle e la postura del corpo.

No.	Word	Meaning	No.	Word	Meaning	No.	Word	Meaning	No.	Word	Meaning
1	你	you	19	好	good	37	死亡	dead	55	推	push
2	我	I, me	20	饱	full	38	等号	equal sign	56	为	for
3	们	everybody	21	很	very	39	多	many	57	谁	who
4	先生	sir	22	不	no, not	40	翻	turn over	58	无锡	Wuxi city
5	韩	Han (surname)	23	还	or	41	范围	scope, range	59	相同	same
6	鱼	fish	24	哪里	where	42	故意	intentionally	60	下	down
7	虾	shrimp	25	中国	China	43	厚	thick	61	现在	now
8	猪	pig, pork	26	也	also	44	坏	bad	62	循环	circulate
9	牛	bull, beef	27	谢谢	thanks	45	加	plus	63	要	take, need
10	菜	vegetable, food	28	再见	bye	46	伎俩	trick	64	一定	definite, must
11	汤	soup	29	想	think, want	47	小孩	child	65	意义	meaning
12	酒	wine	30	这里	here	48	拉	pull	66	油	oil
13	吃	eat	31	报复	avenge	49	墙壁	wall	67	指挥	instruct
14	喝	drink	32	玻璃	glass	50	轻	soft	68	自己	self
15	去	go	33	也许	perhaps	51	舒服	comfort	69	棕	brown
16	有	have, exist	34	擦	wipe	52	水	water	70	昨天	yesterday
17	没有	not have	35	打	hit	53	上午	morning	71	山	mountain
18	是	yes, be	36	党	political party	54	提	lift	72	镇	town

Fig. 2 Parole utilizzate in [4]

2.3.2 Le Gesture Dinamiche

Sono stati selezionati quattro articoli che più si avvicinano agli obiettivi del nostro lavoro e che quindi come tali potranno essere utili per un confronto: tutti prevedono l'acquisizione combinata da parte dei sensori dell'EMG e dell'IMU in quanto l'utilizzo di uno solo si è rivelato meno affidabile. Questo risultato è stato ottenuto da Jose Alejandro Lopez in [5] andando ad inserire all'interno dei classificatori Linear Discriminant Analysis (LDA), Support Vector Machine (SVM) e Decision Tree Ensemble (DT Ensemble), inizialmente le sole caratteristiche relative all'EMG, dopodiché è stata inserita una combinazione delle caratteristiche dell'EMG e dell'accelerometro che ha dimostrato che la combinazione dei sensori ha portato ad un'accuratezza relativamente più elevata.

Nell'articolo del 2019 di *Xiaoliang Zhang et al* [3], non solo vengono studiate le gestures statiche ma anche quelle dinamiche, in particolare vengono analizzati i seguenti movimenti: 'bere', 'digitare', 'scrivere', 'fumare' e 'fare ciao con la mano' riportati in Figura 3. Questi risultano avere un'analisi più complessa rispetto ai movimenti statici in quanto sono attività in tempo reale che consistono in movimenti multipli di dita, mani e braccia. Infatti, nel caso di una air gesture l'azione completa è costituita dalle seguenti fasi: 1) posizione rilassata, 2) alzare il braccio fino al tavolo, 3) eseguire il movimento e 4) tornare

alla posizione rilassata. Prendendo, invece, come esempio per la gesture dinamica, l'azione 'bere', le fasi sono 1) posizione rilassata, 2) alzare il braccio fino al tavolo, 3) afferrare la bottiglia, 4) portare la bottiglia in prossimità della bocca e bere, 5) lasciare la bottiglia sul tavolo e 6) posizione rilassata. Nell'esperimento sono stati coinvolti 10 soggetti, normodotati, senza evidenti disabilità della mano, destrimano, di età compresa tra 22 e 31 anni. Ogni gesto è stato eseguito 20 volte in un minuto da ogni partecipante che rimaneva seduto tutto il tempo. I risultati mettono in evidenza le differenze fra gesture statiche e dinamiche. Sommarariamente l'accuratezza nel distinguere ogni gesture è stata in media del 77,78%. Gli autori hanno tenuto a sottolineare che in generale, è stato ottenuto un risultato di classificazione ragionevolmente buono per ogni gesto, tranne che per i gesti aerei "alzare la mano" e "ciao". Dalla matrice di confusione riportata, si può osservare che il gesto aereo di "alzare la mano" ha ottenuto il 65,71% dell'accuratezza di classificazione, mentre il 20% di "alzare la mano" è stato classificato erroneamente come "ciao". I risultati di questi due gesti hanno influito sull'accuratezza media generale della classificazione. Ciò è dovuto al fatto che questi due gesti sono piuttosto simili tra loro, entrambi prevedono di alzare la mano e allargare le dita in modo naturale, per questa ragione il segnale EMG non presenta grandi differenze tra questi due gesti incidendo sulla riduzione dell'accuratezza generale. In particolare, l'accuratezza nella classificazione delle gesture dinamiche è stata del 89,28%

mentre per le gesture statiche è stata del 76,86%. La ragione della diversa accuratezza in queste due tipologie di gesture è che i gesti dinamici sono gesti in tempo reale, e quindi prevedono movimenti più complessi delle mani e delle dita rispetto ai gesti statici. Il dispositivo utilizzato si è rivelato in grado di catturare questi segnali complessi e questo rende le caratteristiche che estraiamo dai gesti dinamici più discriminanti nella classificazione rispetto ai gesti dell'aria.

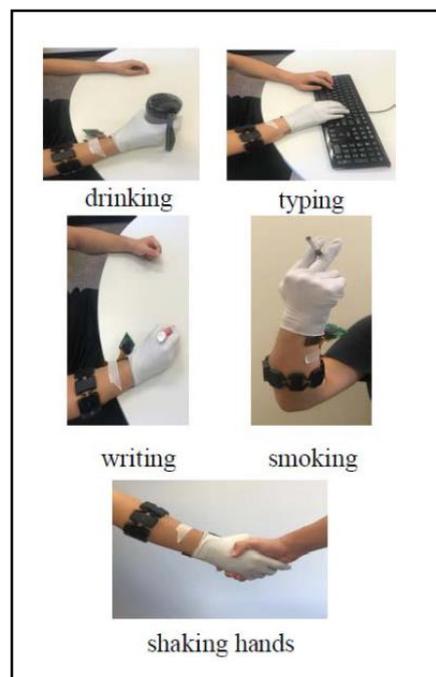


Fig. 3: gesture dinamiche

Srikanth Sagar Bangaru et al. [6] hanno proposto sistemi basati su sensori tipo Myo Armband applicati a gesti che riguardano l'ambito della sicurezza e della salute in edilizia. Sebbene i sensori forniscano informazioni ricche e dettagliate, non tutti i sensori possono essere utilizzati per le applicazioni edili. Questo studio valuta l'affidabilità dell'elettromiografia dell'avambraccio e

dell'unità inerziale per la classificazione delle attività edilizie. Otto studenti maschi sani hanno partecipato volontariamente a tutti gli esperimenti. Le attività "in-movimento" comprendono: 1) avvitare qualcosa in modo che l'oggetto utilizzato per avvitare si trovi all'altezza del gomito con una frequenza di 1 giro/6s, 2) avvitare mentre si è inginocchiati con una frequenza di 1 giro/6s, 3) sollevare un sacchetto di sabbia da 25 libbre partendo dall'altezza del gomito fino ad arrivare alla spalla con una frequenza di 1 sollevamento/6s, 4) trasportare un sacchetto di sabbia da 25 libbre per 30 s sulla spalla, tenendolo da sotto con la mano dominante. Tutte le attività sono state eseguite per 30 s. Ogni partecipante ha eseguito un totale di 15 attività (3 prove \times 5 attività) in un giorno. I dati EMG e IMU raccolti sono stati valutati per verificarne l'affidabilità. In particolare, i dati grezzi EMG e IMU sono stati elaborati per calcolare il valore assoluto medio (MAV) dell'EMG, l'accelerazione assoluta (Acc) e il giroscopio assoluto (Gyro). L'affidabilità relativa è stata valutata utilizzando il coefficiente di correlazione intraclassa (ICC) e l'affidabilità assoluta è stata valutata utilizzando l'errore standard di misura (SEM) e la più piccola differenza rilevabile (SDD). Dai risultati di ogni attività svolte nei 2 giorni si è concluso che i dati dell'IMU e dell'EMG dell'avambraccio per tutte e cinque le attività hanno un'eccellente affidabilità relativa e assoluta tra le prove e tra i giorni ad eccezione dei dati EMG tra i giorni che presentano un errore standard di misura (SEM%) leggermente superiore al 10%.

Nell'articolo del 2016 di *Ekaterina Kutafina et al.* [7] viene discussa la possibilità di monitorare la qualità dell'apprendimento a distanza per supportare la formazione delle abilità manuali. Verrà utilizzato il Myo Armband, facendo affidamento sia sui dati dell'unità inerziale sia sui dati dei sensori elettromiografici, per rilevare e analizzare i movimenti della mano dell'utente e valutarne le prestazioni. L'igiene delle mani viene scelta come attività di esempio in quanto spesso non viene eseguita correttamente. Le linee guida dell'OMS prevedono una procedura di lavaggio delle mani molto precisa che consiste in sei movimenti della mano. Alcuni di questi movimenti sono ripetuti con entrambe le mani (destra e sinistra), perciò il numero totale dei gesti considerati è nove: pulizia dei palmi delle mani, pulizia del dorso delle mani e tra le dita, pulizia del palmo e tra le dita, pulizia del dorso delle dita, pulizia dei pollici e pulizia delle punte e delle unghie delle dita. L'acquisizione dei dati ha seguito un protocollo rigoroso: il tempo consigliato per l'esecuzione della routine completa è di 20-30 s per lo sfregamento e 40-60 s per il lavaggio. In questa ricerca, sono stati utilizzati due dispositivi Myo posizionati su entrambi gli avambracci per raccogliere dati sul movimento del braccio e della mano. I dati sono stati raccolti da un gruppo di 17 persone che non erano professionisti medici e non avevano una formazione precedente. I dispositivi erano contrassegnati per essere posizionati in modo riproducibile sull'avambraccio. Ognuno dei nove gesti è stato registrato per 5 s. L'intera routine è stata ripetuta

tre volte per ogni persona. La posizione del Myo è stata leggermente modificata tra le ripetizioni al fine di imitare meglio le variazioni nelle registrazioni della vita reale. L'obiettivo di questo studio era la progettazione e l'implementazione di un framework di elaborazione del segnale per il riconoscimento dei gesti, basato su sensori, nell'addestramento di routine dell'igiene dell'OMS. Sono stati ottenuti bassi valori di errore nella classificazione Artificial Neural Network (ANN) il che vuol dire che i sensori indossabili potrebbero essere utilizzati con successo nella formazione di abilità manuali. In particolare, l'accuratezza media di riconoscimento è stata del 98,06% ($\pm 1,65\%$ di deviazione standard nella classificazione ANN) e del 98,30% ($\pm 1,29\%$ nella classificazione HMM). La maggior parte degli errori è stata osservata tra i gesti di entrambi gli arti durante la pulizia dei pollici o tra gesti successivi e proceduralmente simili come la pulizia del dorso della mano e quella dei palmi e la pulizia del dorso delle dita e quella dei pollici.

Altro campo di applicazione in cui sono state testate le potenzialità del Myo Armband è quello del monitoraggio di soggetti affetti da malattie come il Parkinson. Nel 2017 Sofija Spasojevic' et al. [8] propongono nuovi indicatori per la valutazione della prestazione motoria che potrebbero essere usati per la valutazione delle attività motorie a supporto della valutazione clinica. Tra questi indicatori, alcuni potrebbero segnalare ad esempio, la presenza di bradicinesia. Il protocollo prevede il monitoraggio di 17 soggetti ai quali

vengono fatti eseguire 6 esercizi tra cui due tapping test e alcuni movimenti che si presentano nelle attività svolte nella vita quotidiana.

- Avvitare una lampadina: eseguita sia con il gomito in estensione che con il gomito a 90° (tempo impiegato 10s).
- Afferrare, prendere e posizionare una con un peso leggero e l'altra pesante (ripetuta 5 volte).
- Premere alternativamente due pulsanti (a 20 cm di distanza l'uno dall'altro) con il palmo per 30 s.
- Premere alternativamente due pulsanti (a 3 cm di distanza) con l'indice mentre si ha il polso appoggiato sul tavolo per 30 s.

I risultati hanno dimostrato che l'approccio proposto ha il potenziale per essere adottato dai terapeuti per migliorare l'obiettività, la precisione durante le valutazioni di diagnosi e/o monitoraggio e la valutazione della bradicinesia. Ricordiamo, al fine di comprendere le conclusioni tratte dai dati ottenuti, che il sensore elettromiografico della fascia raccoglie i dati di quattro gruppi di muscoli: flessori, estensori, interni ed esterni dell'avambraccio. Si è riscontrato che i muscoli esterni dell'avambraccio dei pazienti affetti da Parkinson hanno le prestazioni più basse in termini di accuratezza di tutti i muscoli dell'avambraccio. Questo risultato suggerisce che questi muscoli sono quelli maggiormente affetti dal morbo di Parkinson. Gli autori specificano che tali

risultati sono ovviamente ottenuti dai dati del sensore da loro utilizzato e che per validare tali risultati dovrebbero essere effettuati ulteriori test clinici.

3 Materiali e metodi

In questo capitolo sono riportate le fasi che hanno caratterizzato l'acquisizione dei segnali previa definizione del protocollo sperimentale che viene di seguito descritto.

3.1 Data Collection

La fase di acquisizione dei dati ha seguito un protocollo specifico che prende avvio con il rendere attivo il collegamento al pc del Myo Armband tramite tecnologia Bluetooth. Per eseguire questa operazione è necessario installare l'applicazione Myo Connect, inserire l'adattatore bluetooth nella porta USB del pc e collegare il dispositivo al pc tramite il cavo USB per la configurazione iniziale. Concluso il setup è possibile scollegare il cavo USB e indossare il Myo Armband come riportato in Figura 1.



Fig. 4: posizionamento del dispositivo

I dati raccolti per questo studio prevedono l'acquisizione da un gruppo di 8 soggetti destrimani e privi di disabilità motorie dell'arto superiore, di età compresa fra i 20 e i 30 anni. Ai soggetti verranno inizialmente mostrate tutte le gestures che saranno eseguite; Tra una gesture e la seguente si ricorderà al soggetto quale sarà il prossimo movimento. Per la fase di registrazione ci si è serviti di un tabata online in grado di scandire i tempi di azione e di stop. Ogni gesture è stata eseguita per 10 volte. Il Time On, cioè il tempo tra una ripetizione e la successiva, è stato impostato a 6 secondi, in questo intervallo di tempo in cui il soggetto doveva eseguire il gesto. Successivamente all'esecuzione del movimento è previsto un Time Off di 3 secondi in cui il soggetto è fermo in posizione rilassata con l'avambraccio appoggiato sul piano.

Per questo, il tempo totale, necessario per eseguire 10 ripetizioni, è complessivamente 1 minuto e 27 secondi.

L'esperimento si compone di 15 gestures che andiamo brevemente a descrivere, tenendo conto, però, che l'action loop di ogni movimento comprende: I) posizione dell'avambraccio rilassata sul piano, II) eseguire il movimento, III) tornare alla posizione rilassata.

Di seguito è riportata la descrizione dei movimenti:

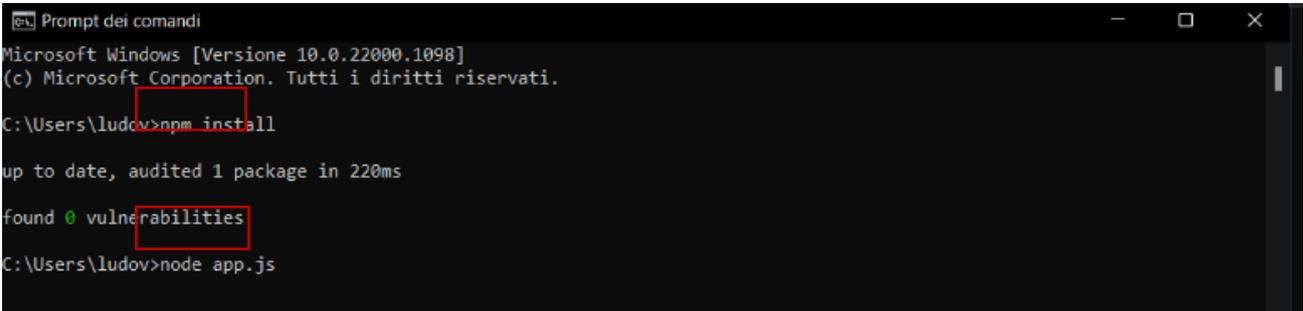
- Fumare: il soggetto è seduto su una sedia e compie il movimento che consiste nel prendere la sigaretta dal piano di fronte, portarla alla bocca, allontanarla da quest'ultima (per l'intervallo di tempo di espirazione) e tornare in posizione rilassata con l'avambraccio appoggiato sul piano continuando a tenere la sigaretta.
- Mangiare: il soggetto, sempre da seduto e in posizione rilassata, prende una forchetta che si trova sul piano a lui di fronte, porta la forchetta verso il piatto, dopodiché la porta alla bocca per poi tornare in posizione rilassata.
- Bere dal bicchiere/Bere dalla tazzina: entrambi, bicchiere e tazzina, sono vuoti. Il movimento prevede di prendere il bicchiere già posizionato sul piano di fronte, portare il bicchiere alla bocca per poi tornare in posizione rilassata.

- Versare in bicchiere: la bottiglia con la quale versare del liquido in un bicchiere è da 0,5L. Si afferra la bottiglia e si versa il contenuto nel bicchiere con un movimento fluido per poi tornare in posizione rilassata.
- Scrivere: il movimento consiste nell'afferrare la penna sul piano, portare la penna verso il foglio e scrivere "Ciao mamma", dopodiché si torna in posizione rilassata continuando a sostenere la penna.
- Avvitare orizzontalmente: si prende il cacciavite dalla superficie, si posiziona la mano in modo tale che il cacciavite si trovi in direzione orizzontale al piano, si esegue il movimento che consiste nel girare il cacciavite per mezzo giro per tutta la durata del movimento e si torna in posizione rilassata continuando a tenere il cacciavite.
- Martello orizzontale: si afferra il martello, si colpisce una volta sul piano orizzontale per poi tornare in posizione rilassata continuando a tenere in martello.
- Chiave inglese orizzontale: si prende la chiave inglese dalla superficie di appoggio, si posiziona la mano in modo tale che la chiave si trovi in direzione orizzontale al piano, la si fa girare per un quarto di giro per tutta la durata del movimento e si torna in posizione rilassata continuando a tenerla.

- Chiave inglese verticale: l'azione completa è la stessa del movimento 'chiave inglese orizzontale' ad eccezione del fatto che la chiave si trova in posizione perpendicolare al piano e non orizzontale.
- Joystick in avanti: si parte dalla posizione rilassata, si afferra il joystick con il palmo della mano e si esegue un'unica ripetizione che consiste nel portare in avanti lo stick e ritornare in posizione rilassata con lo stick al centro continuando ad afferrarlo.
- Joystick verso sinistra: l'azione completa è la stessa del movimento precedente ma lo stick viene portato verso sinistra.
- Sollevare scatola: La scatola che si dovrà sollevare si trova sulla superficie d'appoggio posta di fronte al soggetto che deve eseguire il movimento. Questa ha un peso esiguo in modo tale che ogni soggetto sia in grado di compiere il movimento. Si afferra la scatola con il gomito non in completa estensione e la si solleva fino all'altezza del viso in maniera perpendicolare alla superficie, si torna ad appoggiare la scatola per poi tornare in posizione rilassata continuando ad afferrarla. Si esegue solamente un sollevamento per ripetizione.
- Spingere un peso: Si afferra la scatola che è posizionata sul piano con entrambe le mani, la si spinge lungo la superficie fino alla completa estensione dei gomiti e si torna alla posizione di partenza. Anche in questo caso si esegue un'unica estensione per ripetizione.

3.2 Software

Per quanto riguarda la scelta del software è necessario aprire una piccola parentesi dato che, inizialmente, la scelta del software era ricaduta su Pewter Record Data, reperibile su un qualsiasi motore di ricerca e che non necessita di essere installato. Per l'utilizzo dell'open-source Pewter Record Data occorre essere in possesso di un dispositivo con sistema operativo Windows e scaricare le applicazioni Node.js e Myo Connect. Prima di poter aprire la schermata Pewter nel browser è necessario aprire il prompt dei comandi e digitare le istruzioni evidenziate dal riquadro in rosso in Figura 5:



```
Prompt dei comandi
Microsoft Windows [Versione 10.0.22000.1098]
(c) Microsoft Corporation. Tutti i diritti riservati.
C:\Users\ludov>npm install
up to date, audited 1 package in 220ms
found 0 vulnerabilities
C:\Users\ludov>node app.js
```

Fig. 5: comandi per l'apertura dell'interfaccia

A questo punto è possibile utilizzare il browser per aprire il link <http://localhost:3000>. L'interfaccia è riportata in Figura 6.

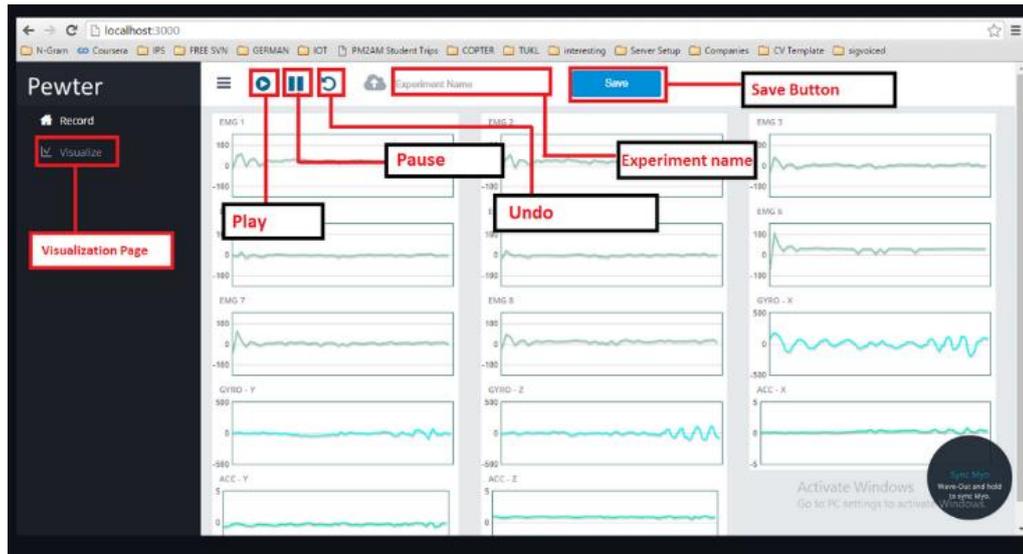


Fig. 6: Interfaccia Pewter Record Data

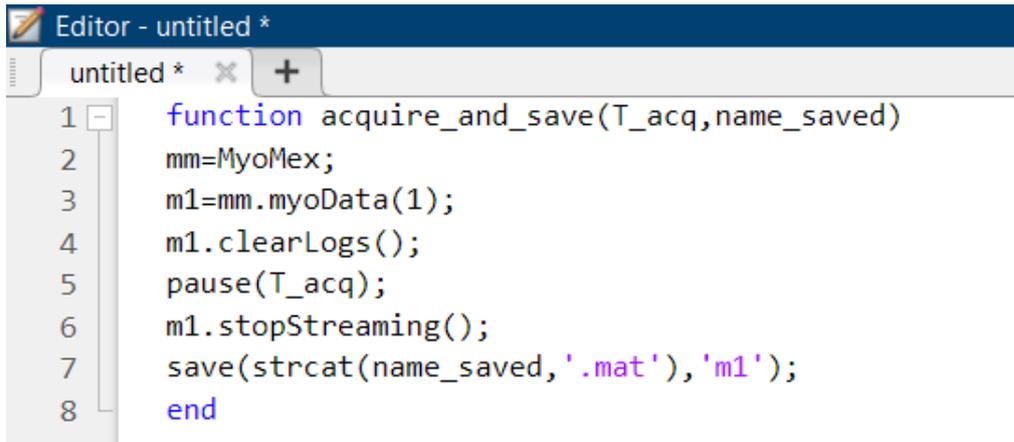
Di seguito si riportano le funzioni dei pulsanti disponibili:

1. Play: permette di iniziare a registrare dati
2. Pause: mette in pausa la registrazione
3. Undo: permette di annullare la registrazione
4. Save: salva la registrazione
5. Visualization: ci indirizza alla pagina dove è possibile visualizzare i tracciati

Nel file README è specificato che occorre inserire l' "experiment name" prima di salvare quindi la procedura di registrazione è la seguente: viene inizialmente dato il nome all'esperimento, si preme il bottone Play e a questo punto sarà visibile in basso a sinistra una barra verde che scorre fino al completamento, una volta che la barra verde scompare è possibile iniziare ad eseguire il movimento. A questo punto non sono presenti altre informazioni

riguardo alla procedura del salvataggio. Dopo numerosi tentativi la procedura che ha dato riscontro positivo è stata: inserire il nome dell'esperimento, premere Play ed aspettare che la barra verde arrivasse a compimento, eseguire il movimento per il tempo necessario, premere Pause ed infine Save. Come per il tasto Play, anche per Pause appare una barra verde in basso a sinistra e le uniche volte che il salvataggio dava riscontro positivo era quando veniva premuto il tasto Save prima che la barra verde sparisse. Dato che, però, non tutti i tentativi hanno avuto successo con questa sequenza di azioni e la registrazione veniva automaticamente limitata è stato deciso di sostituire Pewter Record Data con Matlab. Per poter utilizzare Matlab come strumento di registrazione è necessario fare il download dell'SDK (Myo SDK 0.9.0) del Myo SDK MATLAB MEX Wrapper, sviluppato da Mark Tomaszewski, che di mingw-w64, creato per supportare il compilatore GCC (Gnu Compiler Collection) su sistemi Windows. A questo punto è possibile installare MyoMex su Matlab digitando `>>install_myo_mex`. In secondo luogo, è necessario creare un'istanza MyoMex, digitando `>>build_myo_mex SDK_PATH`, dove SDK_PATH è la posizione dell'SDK Myo.

In Figura 6 viene riportata la funzione che è stata creata per l'acquisizione e il salvataggio dei dati:

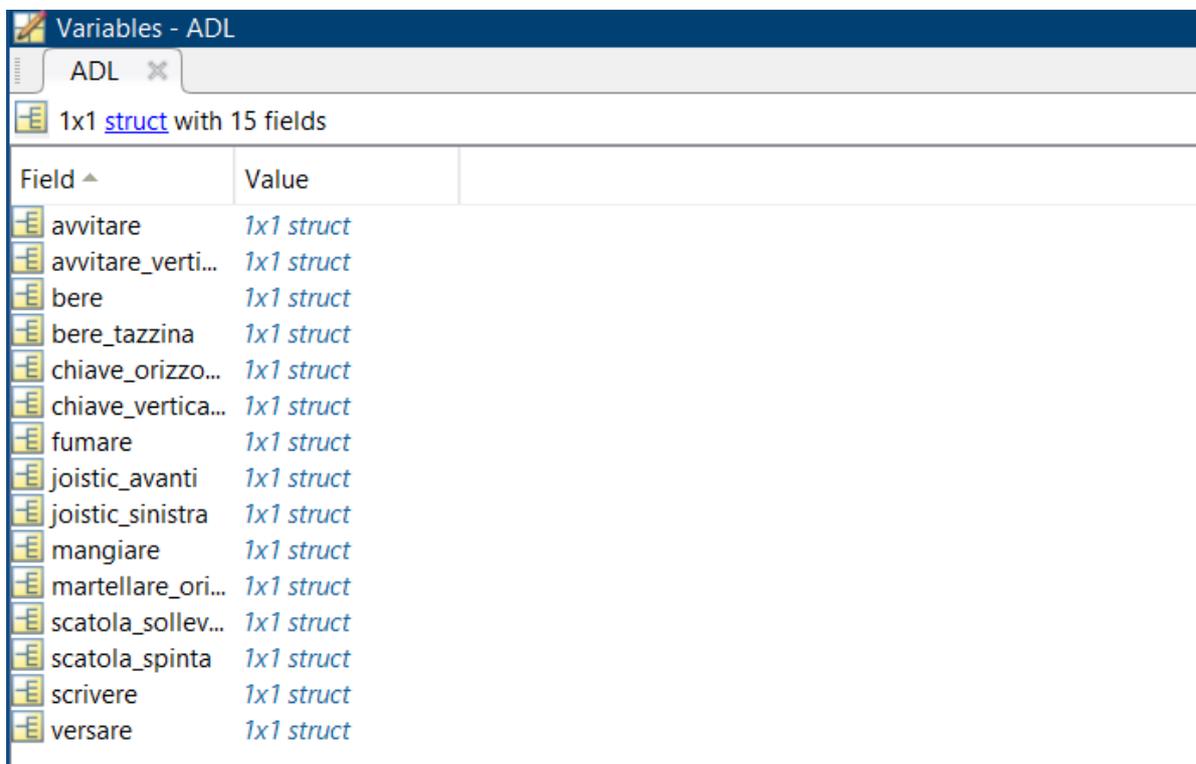


```
Editor - untitled *
untitled * x +
1 function acquire_and_save(T_acq,name_saved)
2 mm=MyoMex;
3 m1=mm.myoData(1);
4 m1.clearLogs();
5 pause(T_acq);
6 m1.stopStreaming();
7 save(strcat(name_saved, '.mat'), 'm1');
8 end
```

Fig. 6: funzione per la registrazione e il salvataggio

Dove T_acq è il tempo totale dell'acquisizione che precedentemente abbiamo visto essere 1 minuto e 27 secondi e name_saved è il nome che si vuole assegnare al file a cui verrà assegnata estensione .mat e che conterrà, al termine dell'acquisizione, i dati di una gestire.

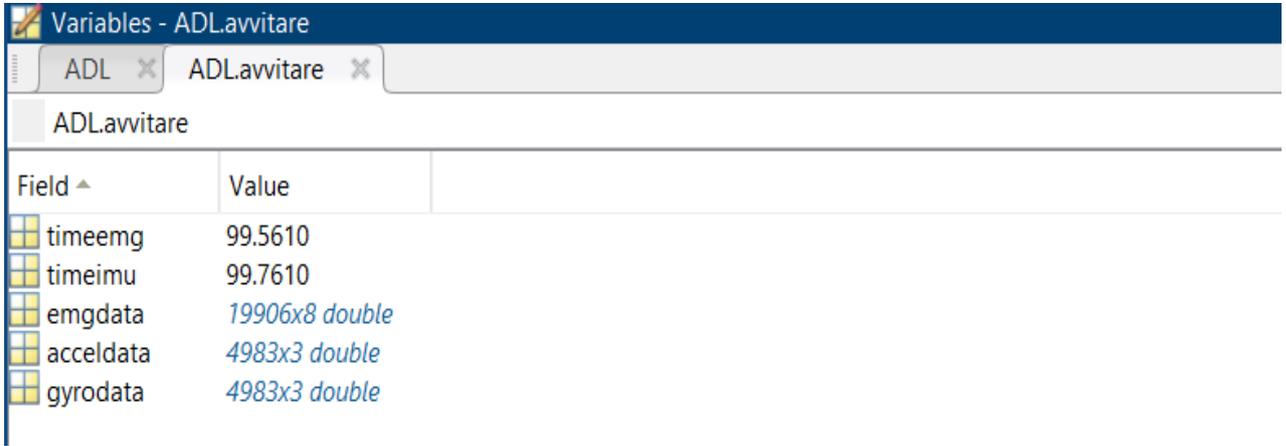
Ciò che deriva al termine è una struttura con 15 campi (in Figura 7):



Field ^	Value
avvitare	1x1 struct
avvitare_verti...	1x1 struct
bere	1x1 struct
bere_tazzina	1x1 struct
chiave_orizzo...	1x1 struct
chiave_vertica...	1x1 struct
fumare	1x1 struct
joistic_avanti	1x1 struct
joistic_sinistra	1x1 struct
mangiare	1x1 struct
martellare_ori...	1x1 struct
scatola_sollev...	1x1 struct
scatola_spinta	1x1 struct
scrivere	1x1 struct
versare	1x1 struct

Fig. 7: struttura contenente le 15 gestire

Ogni elemento della struttura è caratterizzato da:



The screenshot shows the MATLAB Variables window for the workspace 'ADL'. The window title is 'Variables - ADL.avitare'. There are two tabs: 'ADL' and 'ADL.avitare'. The 'ADL.avitare' tab is active, showing a table of variables. The table has two columns: 'Field' and 'Value'. The variables listed are: 'timeemg' with value 99.5610, 'timeimu' with value 99.7610, 'emgdata' with value '19906x8 double', 'acceldata' with value '4983x3 double', and 'gyrodata' with value '4983x3 double'.

Field	Value
timeemg	99.5610
timeimu	99.7610
emgdata	19906x8 double
acceldata	4983x3 double
gyrodata	4983x3 double

Fig. 8: contenuto di ogni elemento della struttura

4 Data Analysis

Vengono riportati i grafici rispettivamente ottenuti dai segnali EMG, dall'accelerometro e dal giroscopio di ogni gesture.

- Fumare:

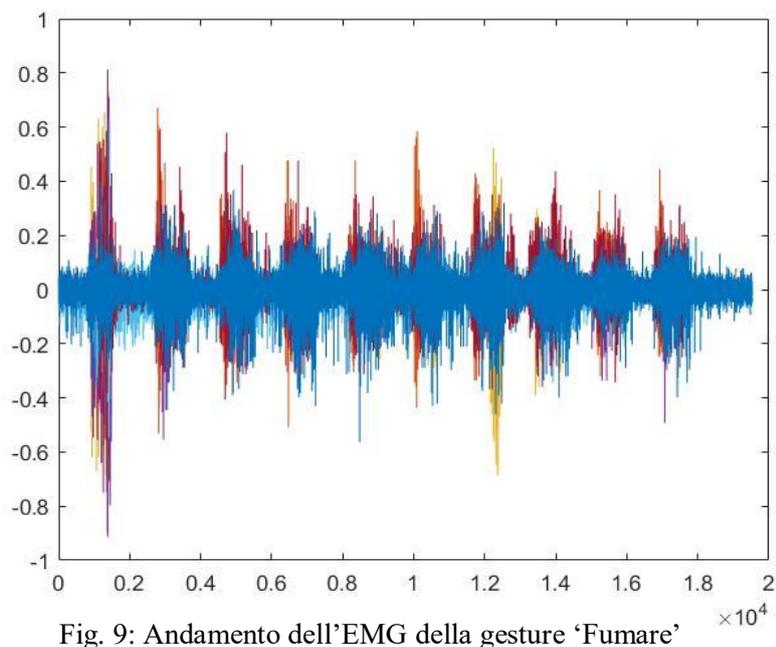


Fig. 9: Andamento dell'EMG della gesture 'Fumare' $\times 10^4$

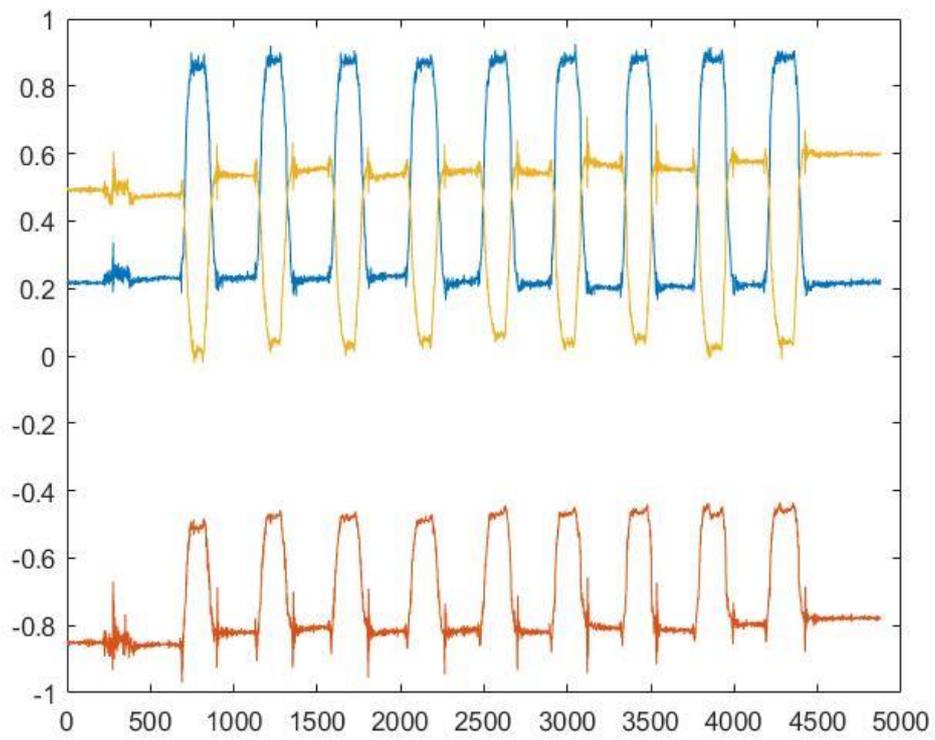


Fig. 10: Andamento dell'accelerazione della gesture 'Fumare'

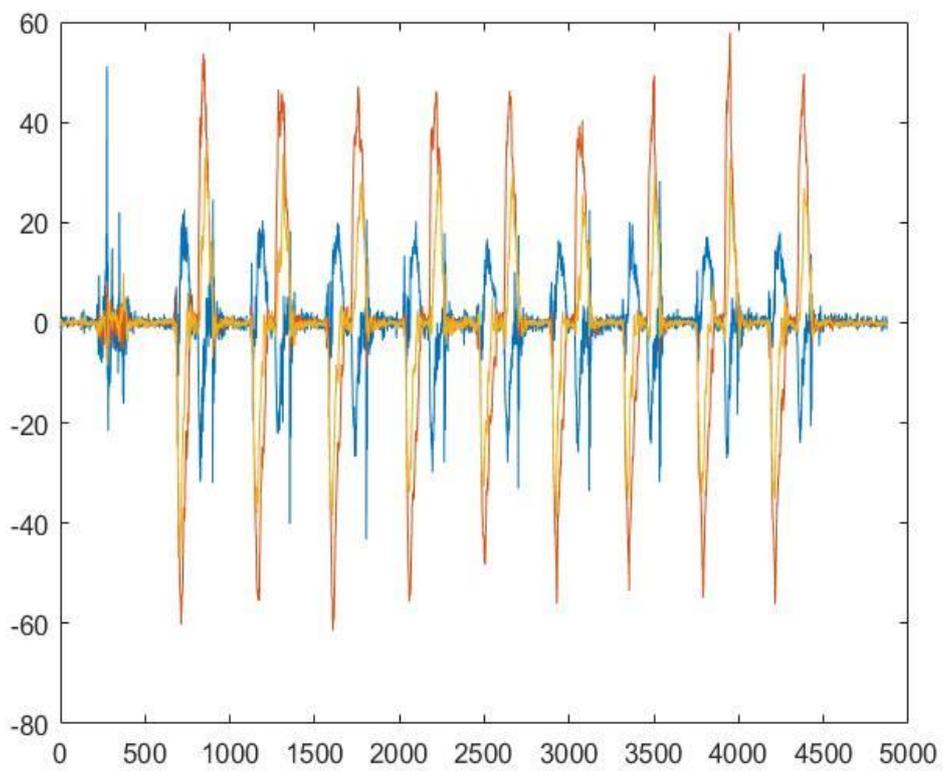


Fig. 11: Andamento del giroscopio della gesture 'Fumare'

- Mangiare:

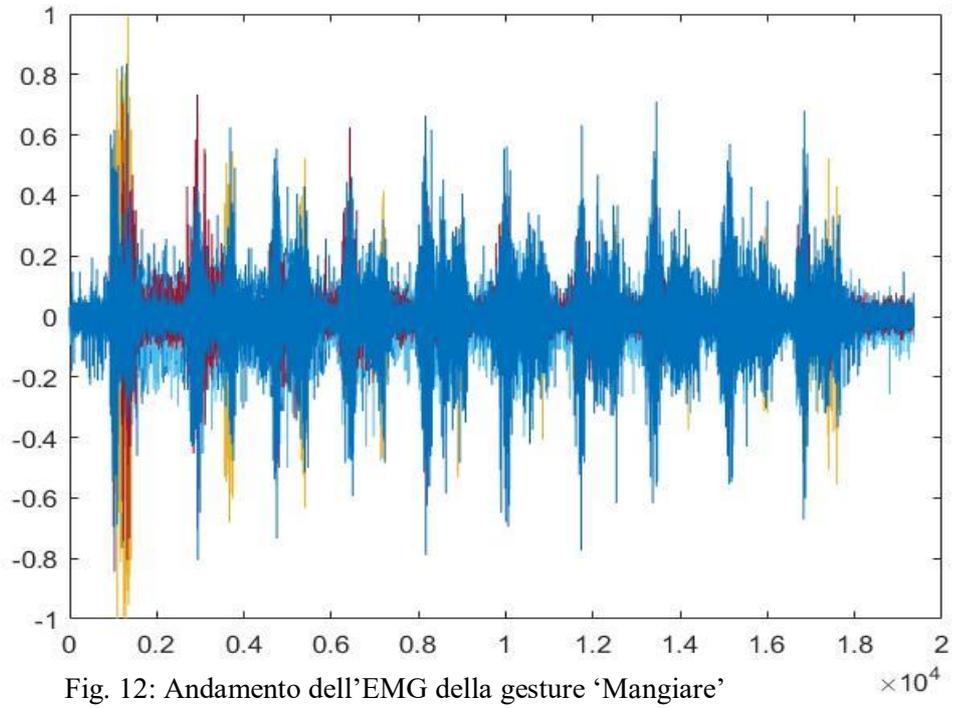


Fig. 12: Andamento dell'EMG della gesture 'Mangiare'

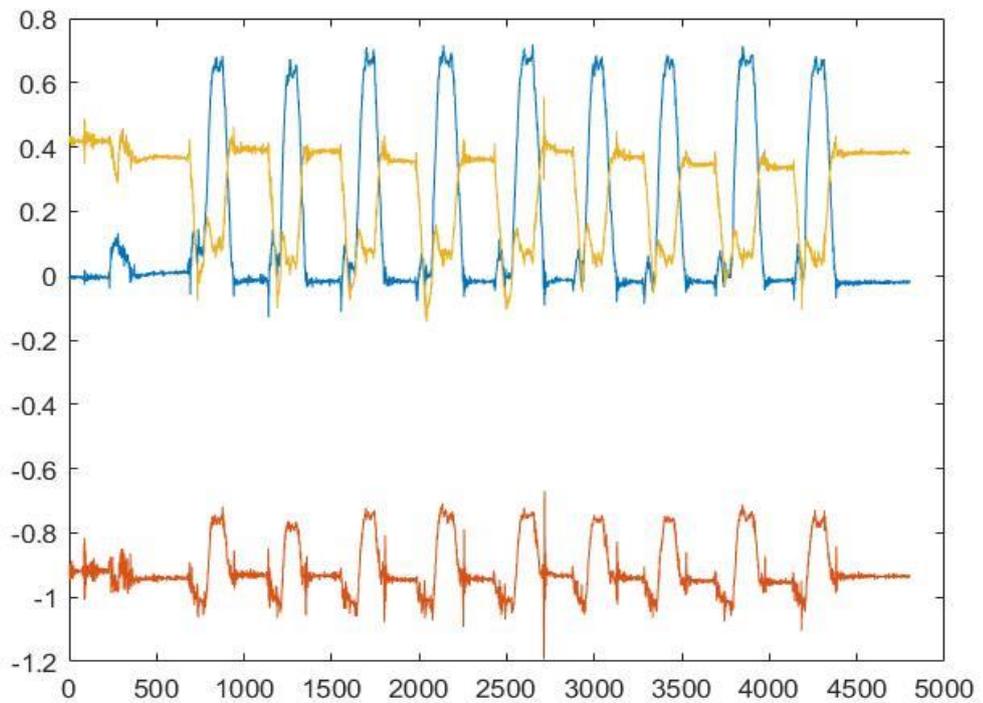


Fig. 13: Andamento dell'accelerazione della gesture 'Mangiare'

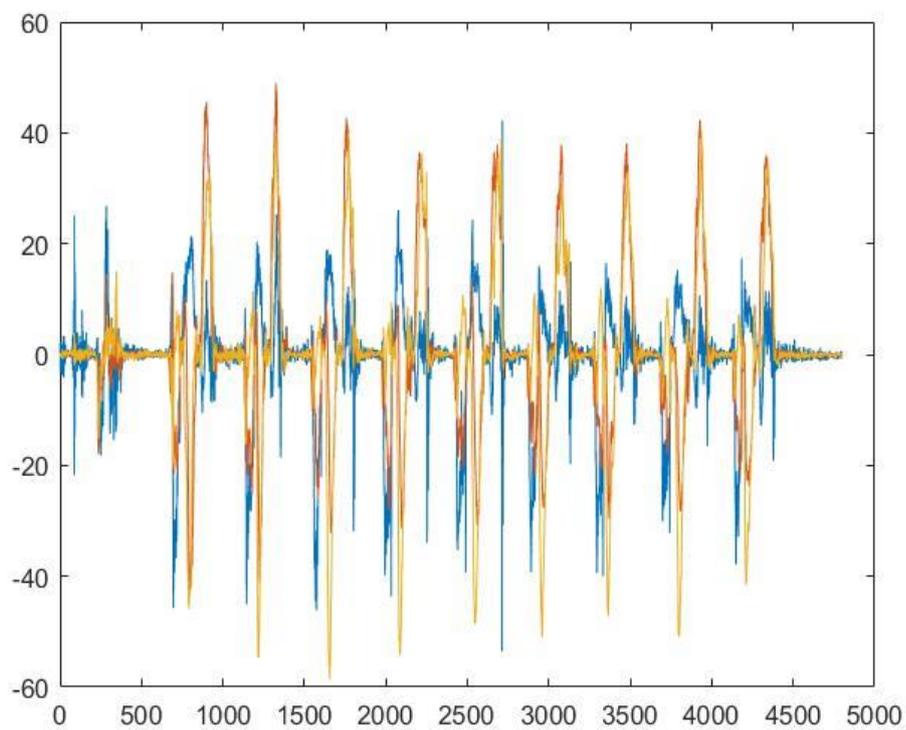


Fig. 14: Andamento del giroscopio della gestura 'Mangiare'

- Bere dal bicchiere:

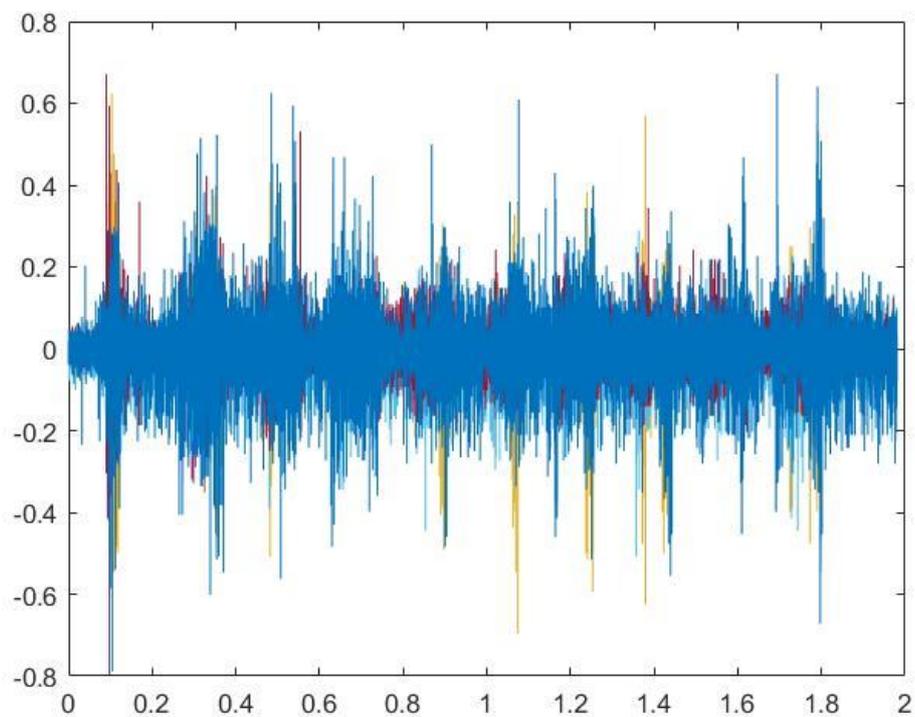


Fig. 15: Andamento dell'EMG della gestura 'Bere Da Bicchiere' $\times 10^4$

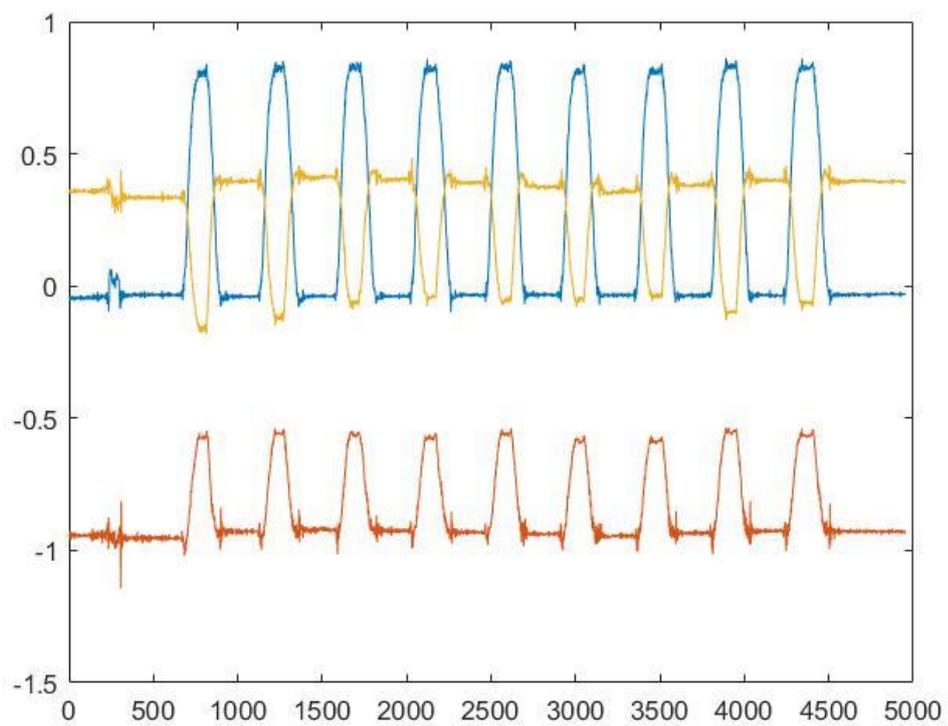


Fig. 16: Andamento dell'accelerazione della gesture 'Bere Da Bicchiere'

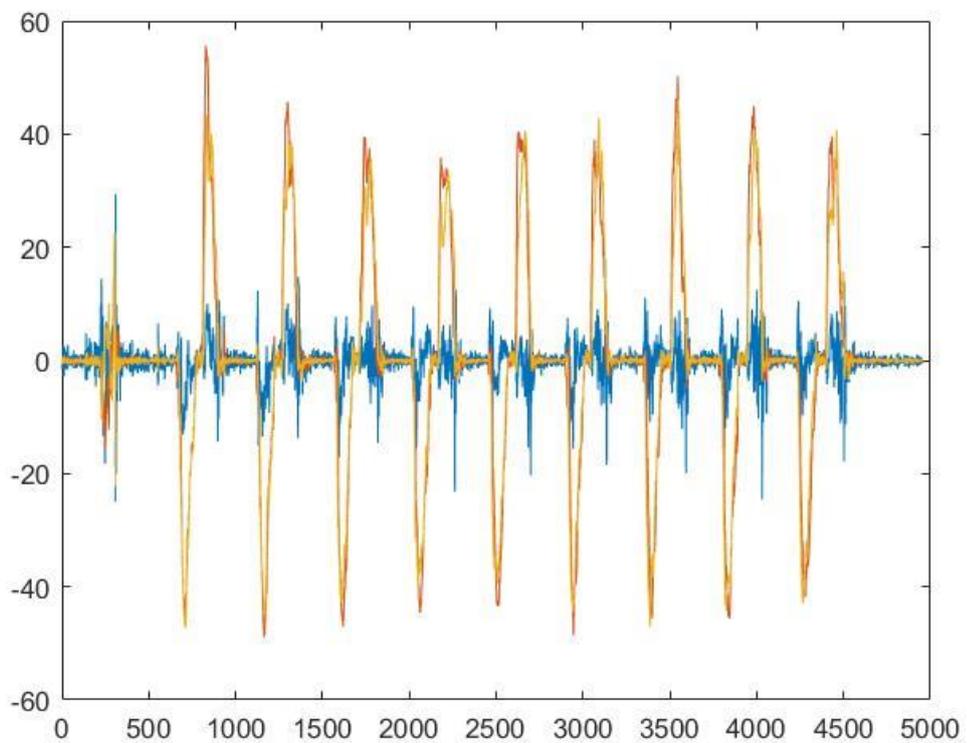


Fig. 17: Andamento del giroscopio della gesture 'Bere Da Bicchiere'

- Bere da tazzina:

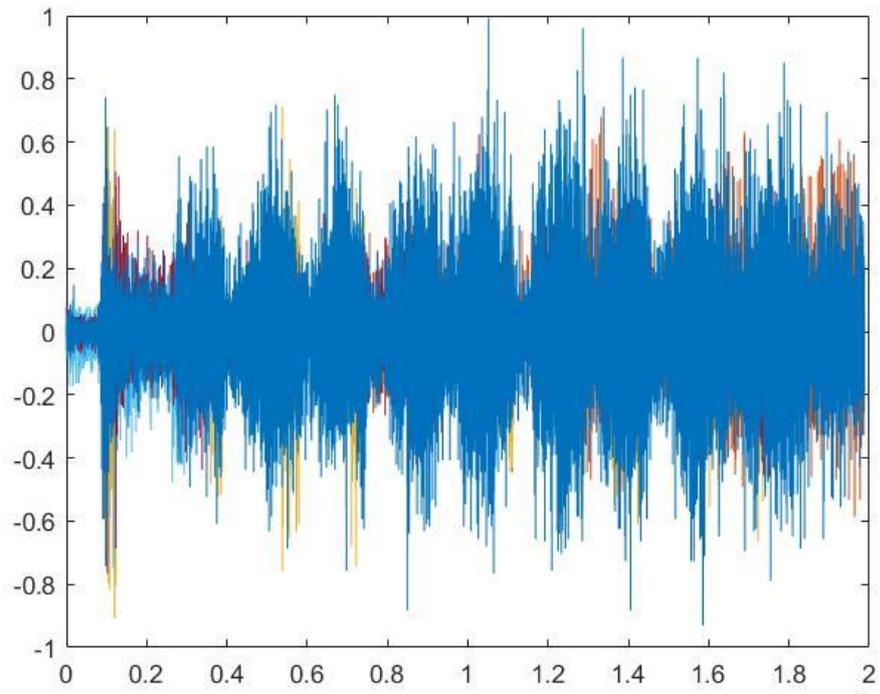


Fig. 18: Andamento dell'EMG della gesture 'Bere Da Tazzina', $\times 10^4$

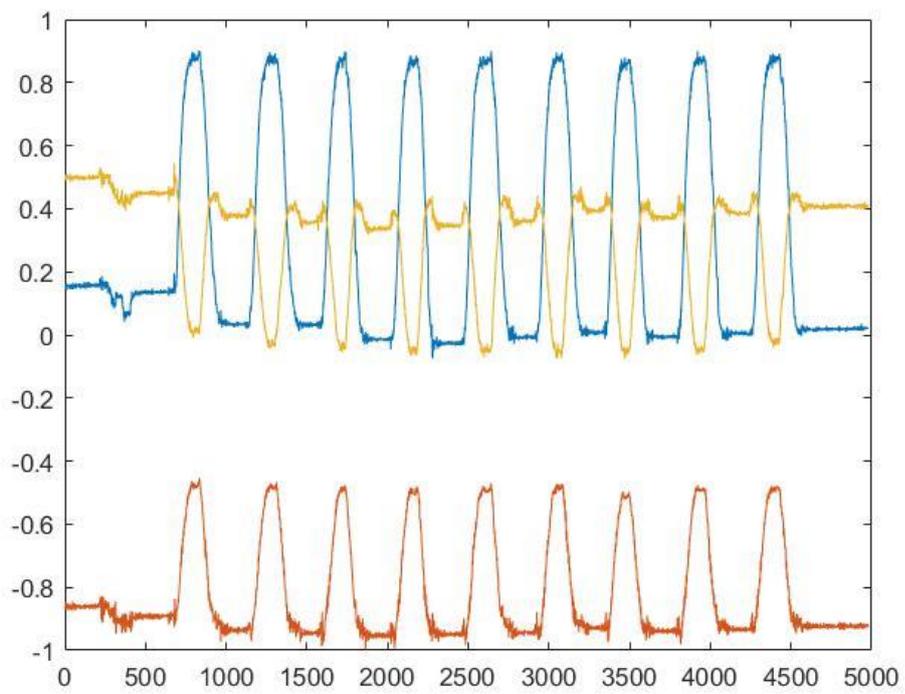


Fig. 19: Andamento dell'accelerazione della gesture 'Bere Da Tazzina'

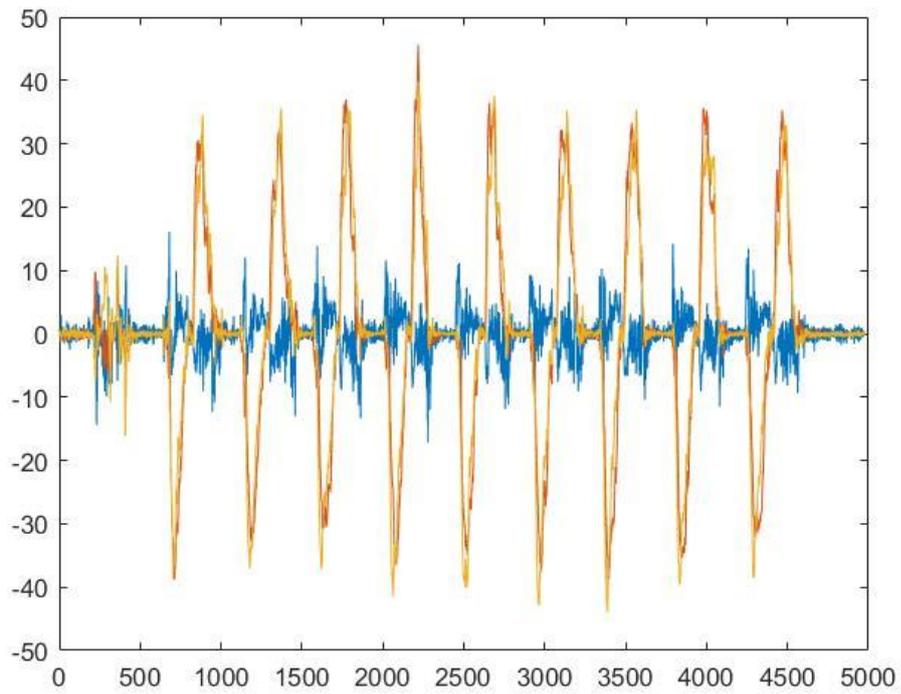


Fig. 20: Andamento del giroscopio della gestura 'Bere Da Tazzina'

- Versare in bicchiere:

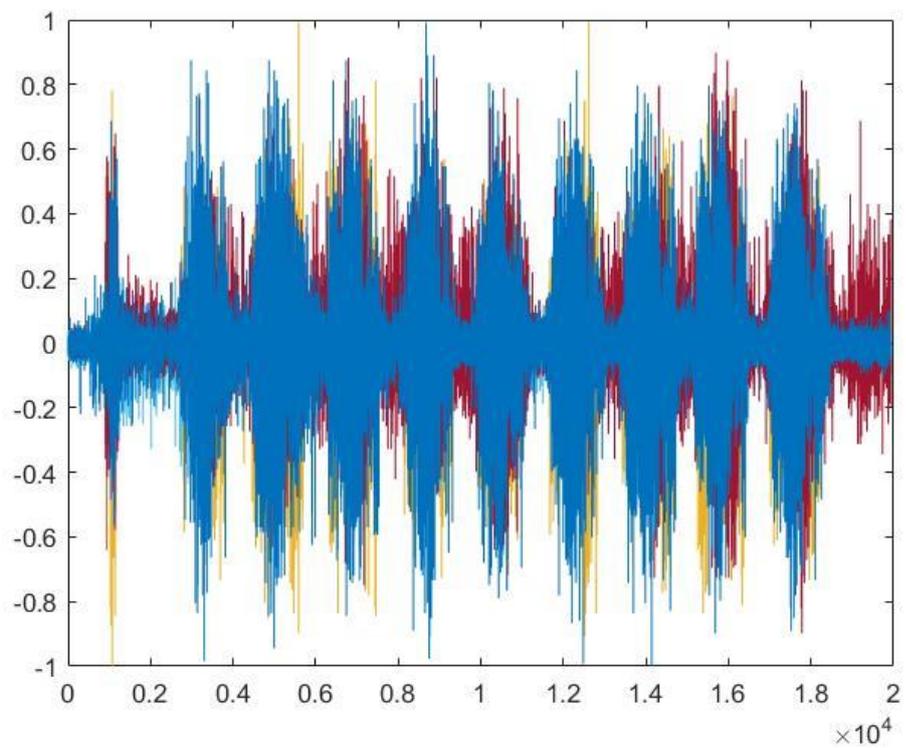


Fig. 21: Andamento dell'EMG della gestura 'Versare In Bicchiere'

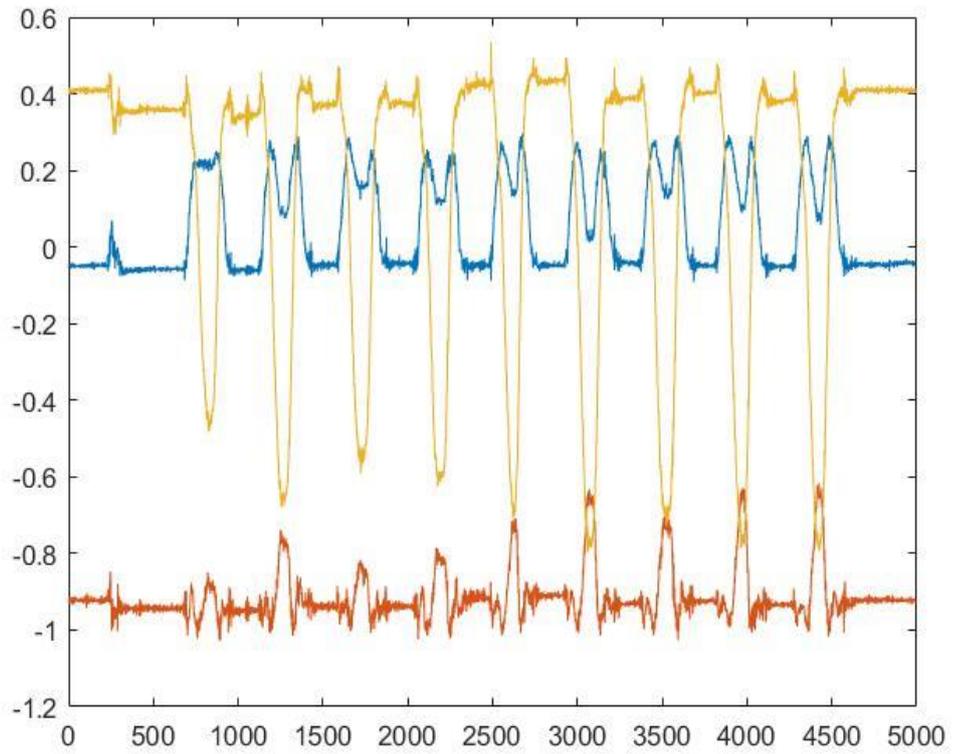


Fig. 22: Andamento dell'accelerazione della gesture 'Versare In Bicchiere'

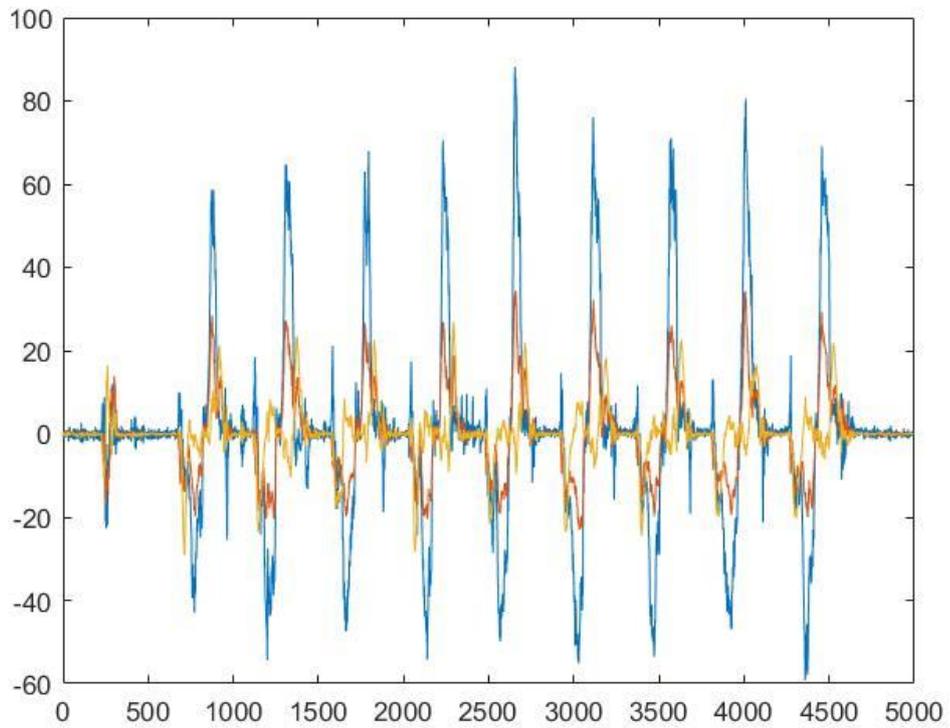


Fig. 23: Andamento del giroscopio della gesture 'Versare In Bicchiere'

- Scrivere:

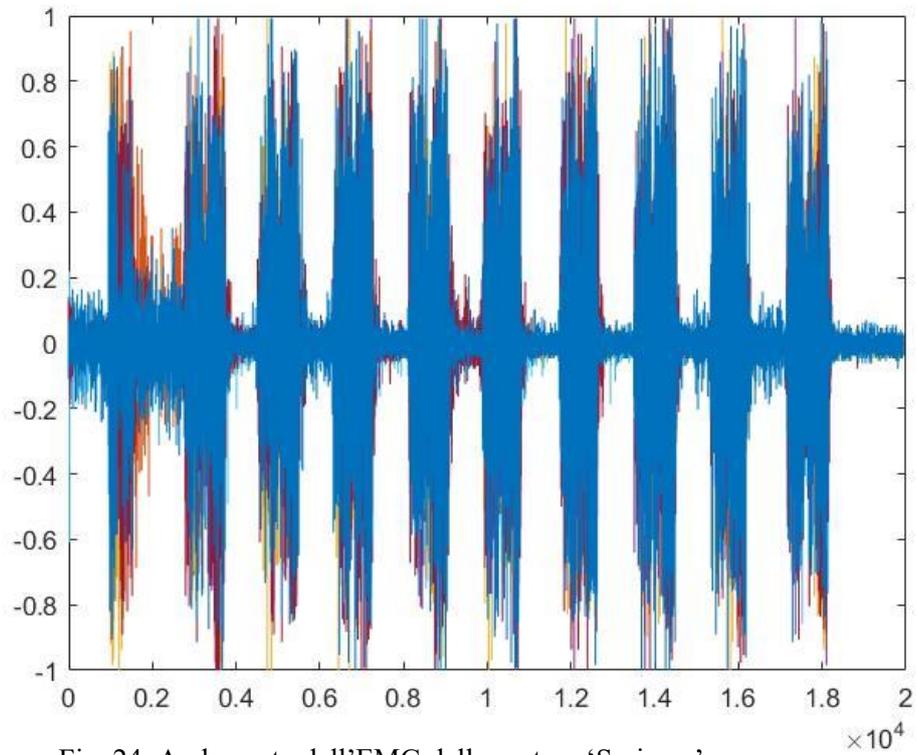


Fig. 24: Andamento dell'EMG della gesture 'Scrivere'

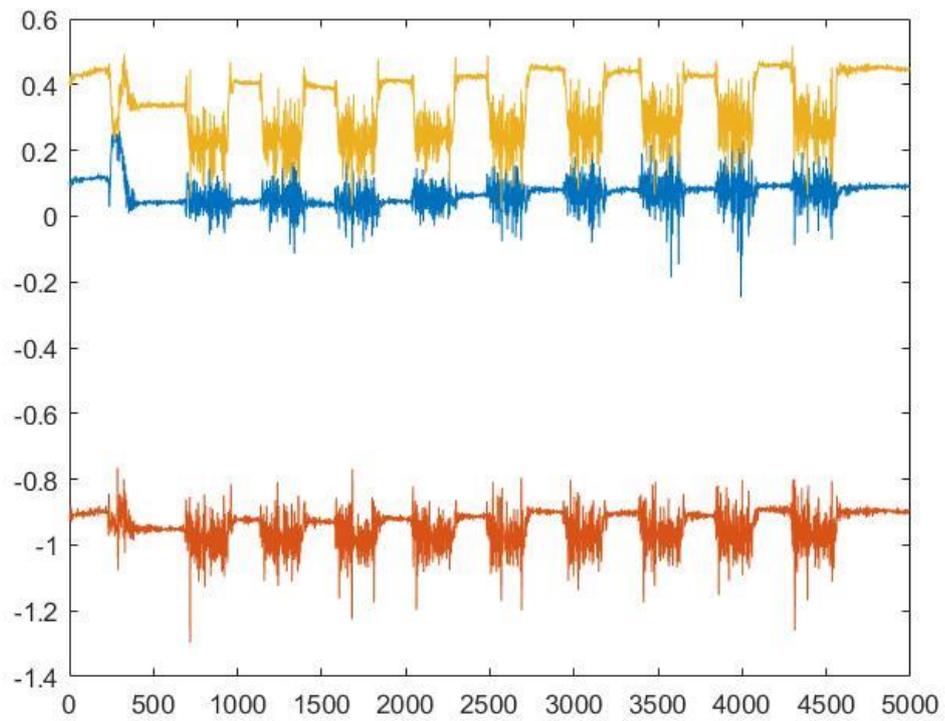


Fig. 25: Andamento dell'accelerometro della gesture 'Scrivere'

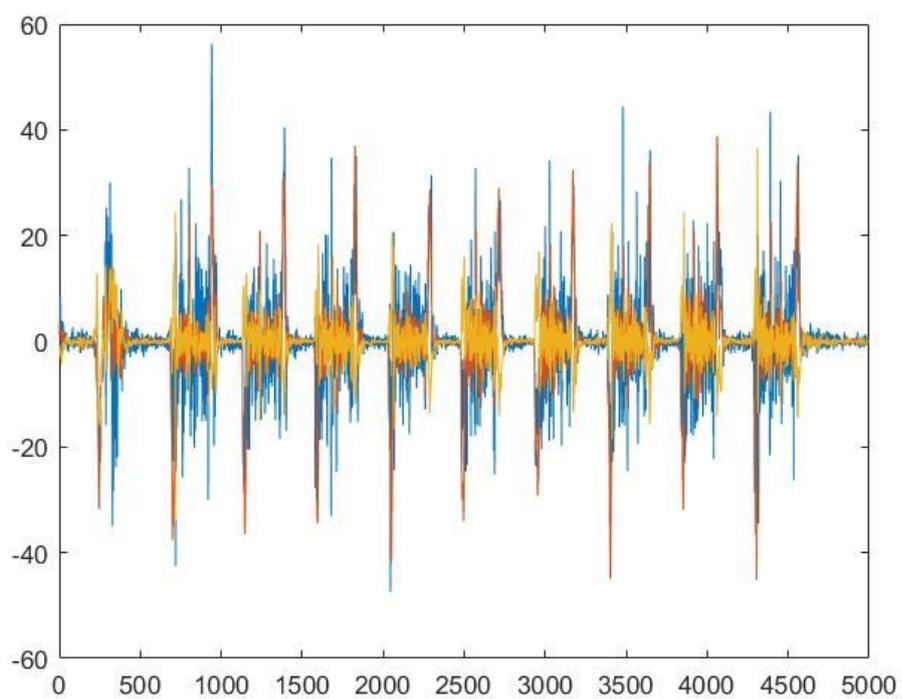


Fig. 26: Andamento del giroscopio della gesture 'Scrivere'

- Avvitare orizzontalmente:

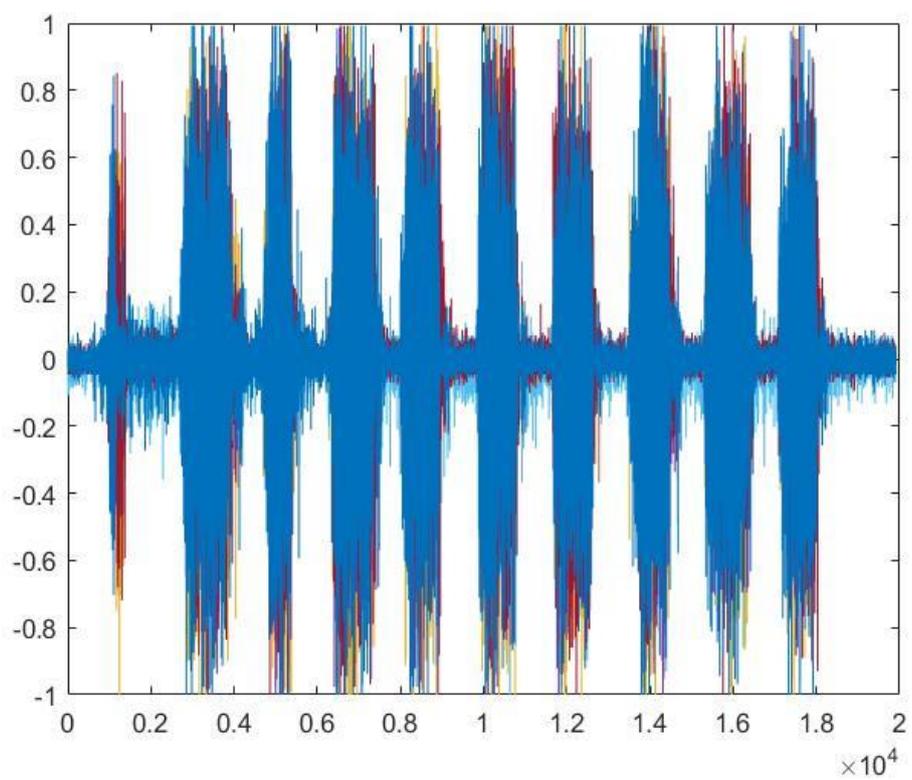


Fig. 27: Andamento dell'EMG della gesture 'Avvitare Orizzontalmente'

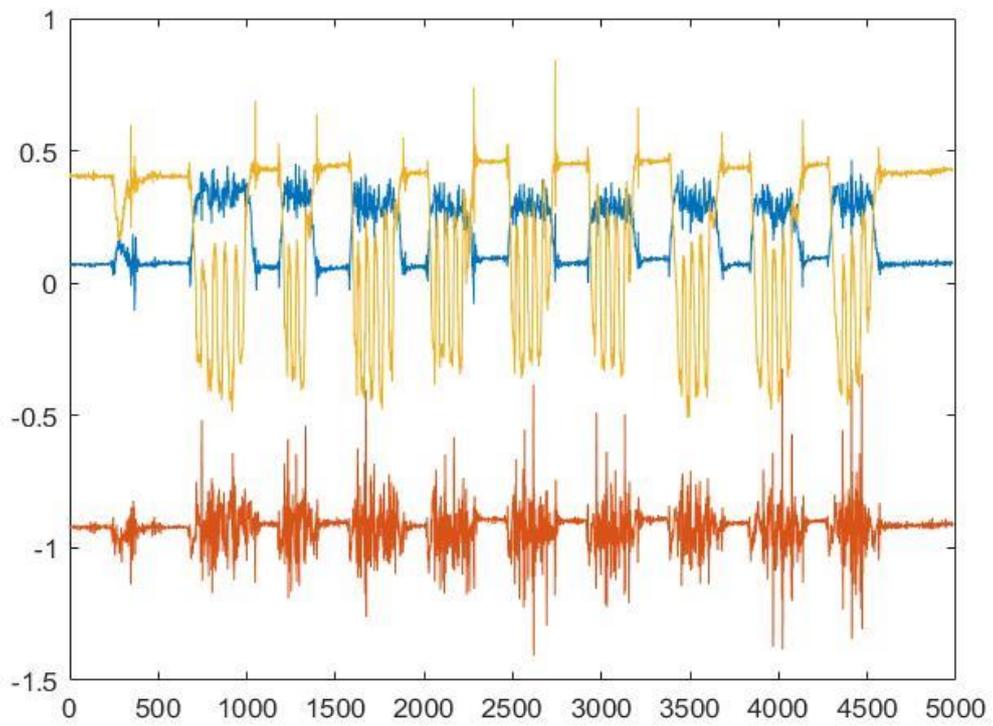


Fig. 28: Andamento dell'accelerazione della gestura 'Avvitare Orizzontalmente'

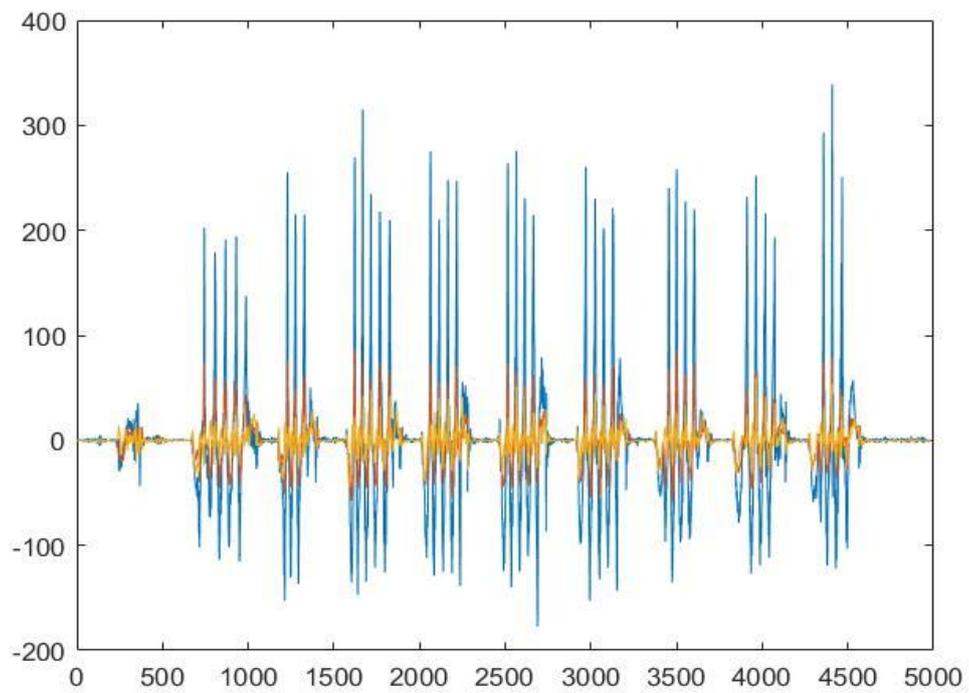


Fig. 29: Andamento del giroscopio della gestura 'Avvitare Orizzontalmente'

- Martellare orizzontalmente:

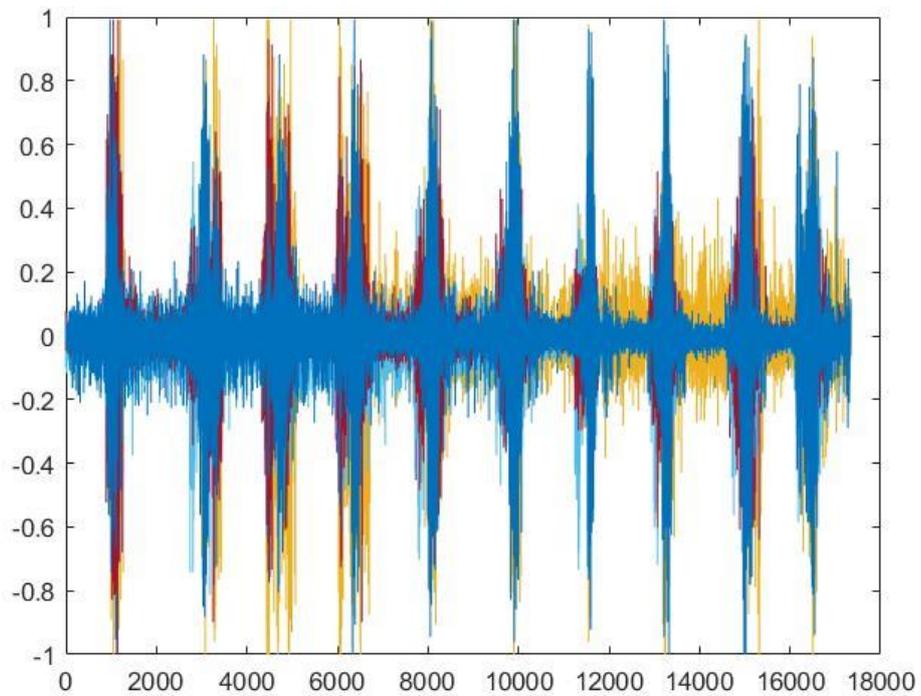


Fig. 30: Andamento dell'EMG della gestura 'Martellare Orizzontalmente'

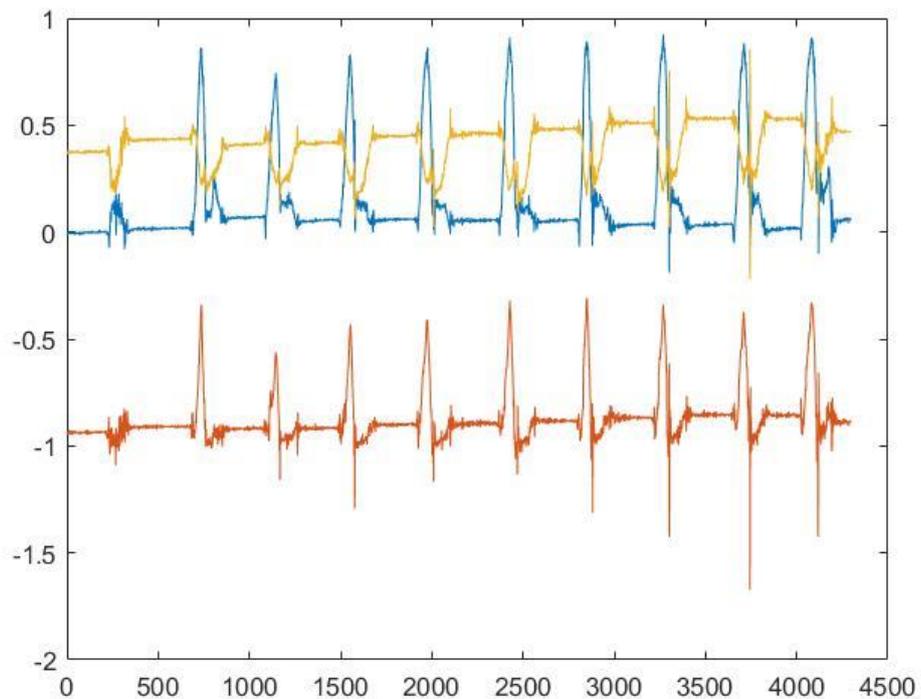


Fig. 31: Andamento dell'accelerazione della gestura 'Martellare Orizzontalmente'

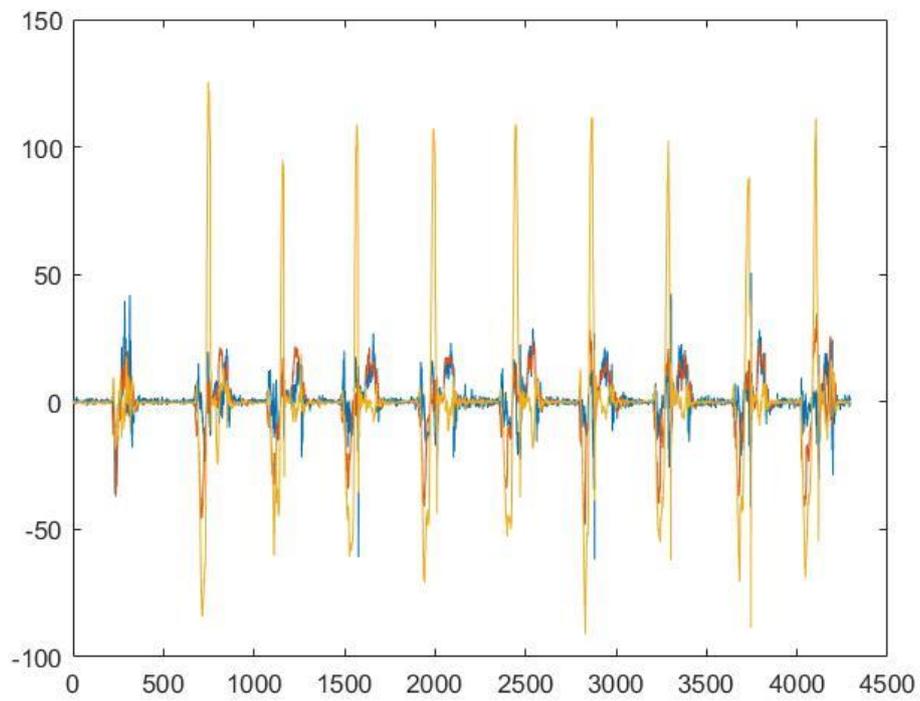


Fig. 32: Andamento del giroscopio della gesture 'Martellare Orizzalmente'

- Chiave orizzontale:

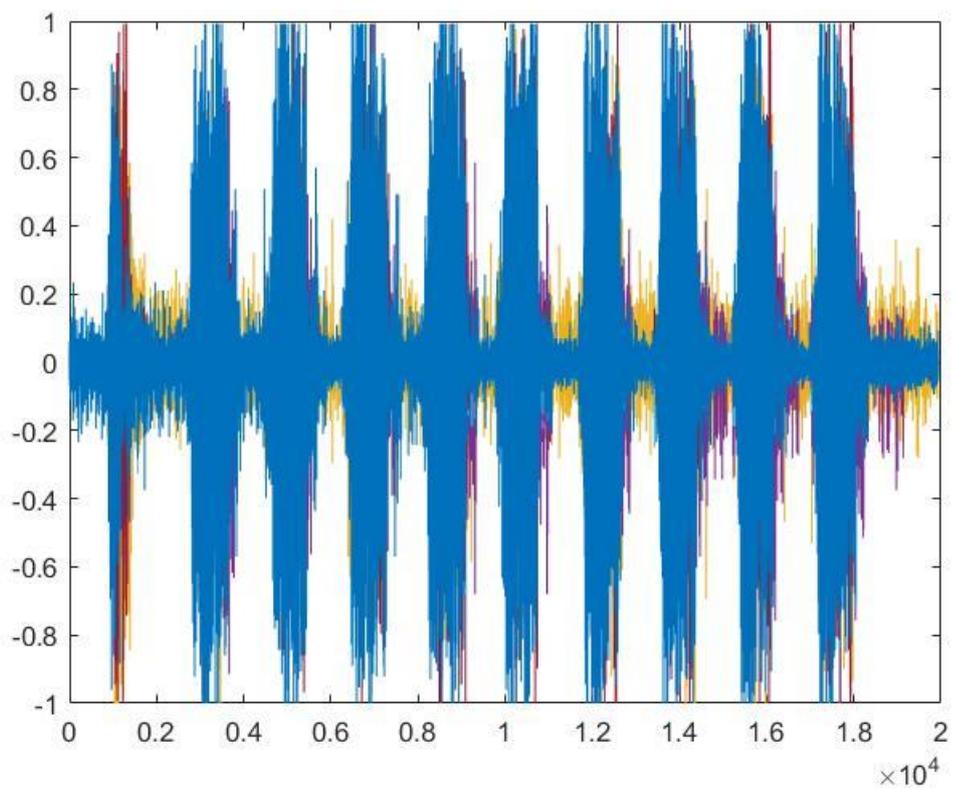


Fig. 33: Andamento dell'EMG della gesture 'Chiave Orizzontale'

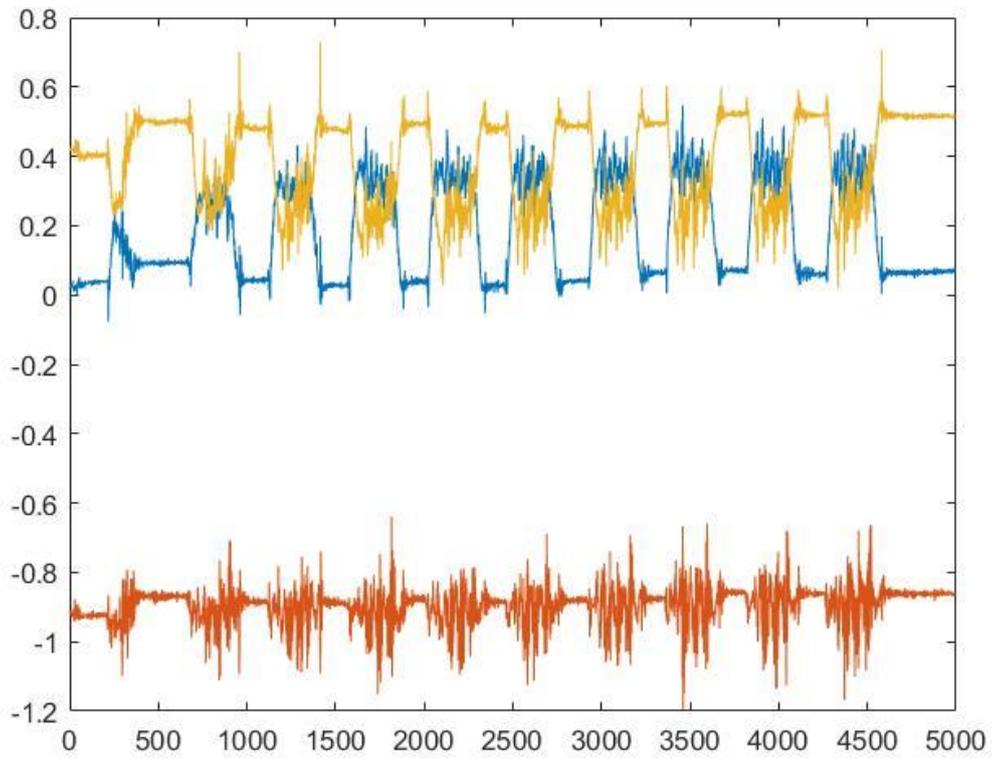


Fig. 34: Andamento dell'accelerazione della gesture 'Chiave Orizzontale'

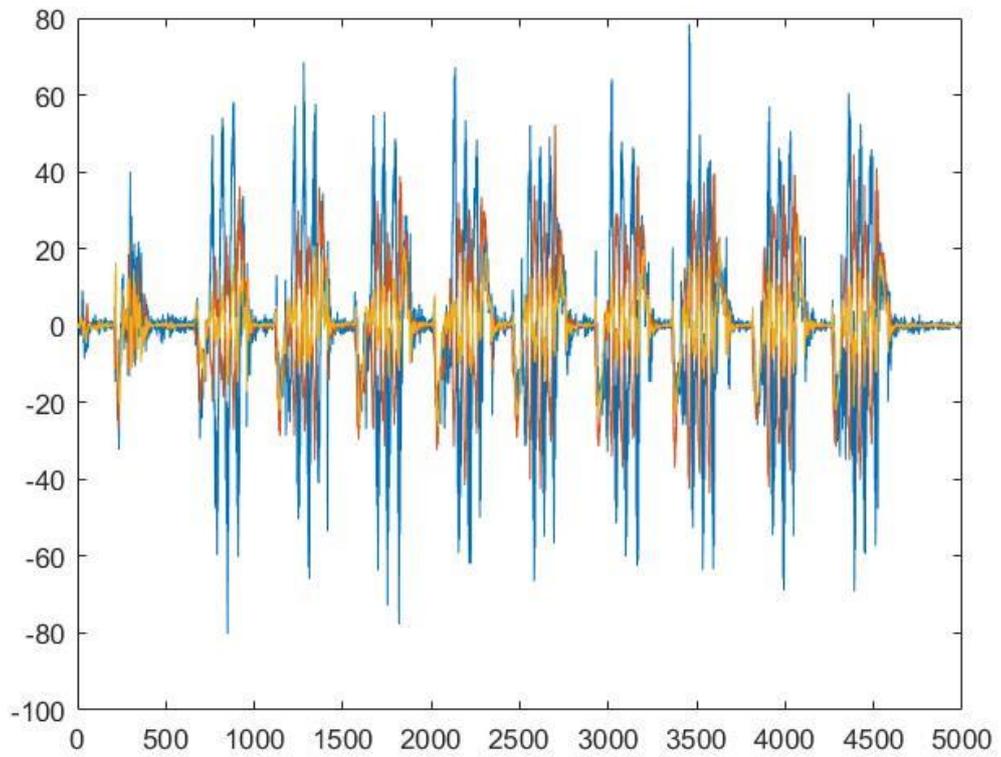


Fig. 35: Andamento del giroscopio della gesture 'Chiave Orizzontale'

- Chiave verticale:

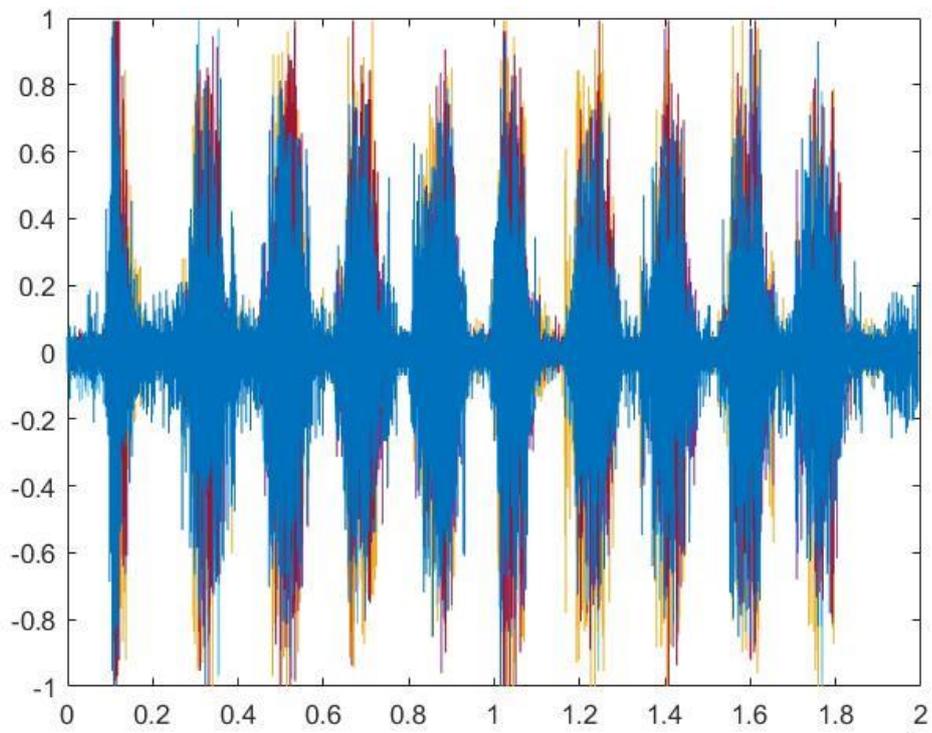


Fig. 36: Andamento dell'EMG della gestura 'Chiave Verticale' $\times 10^4$

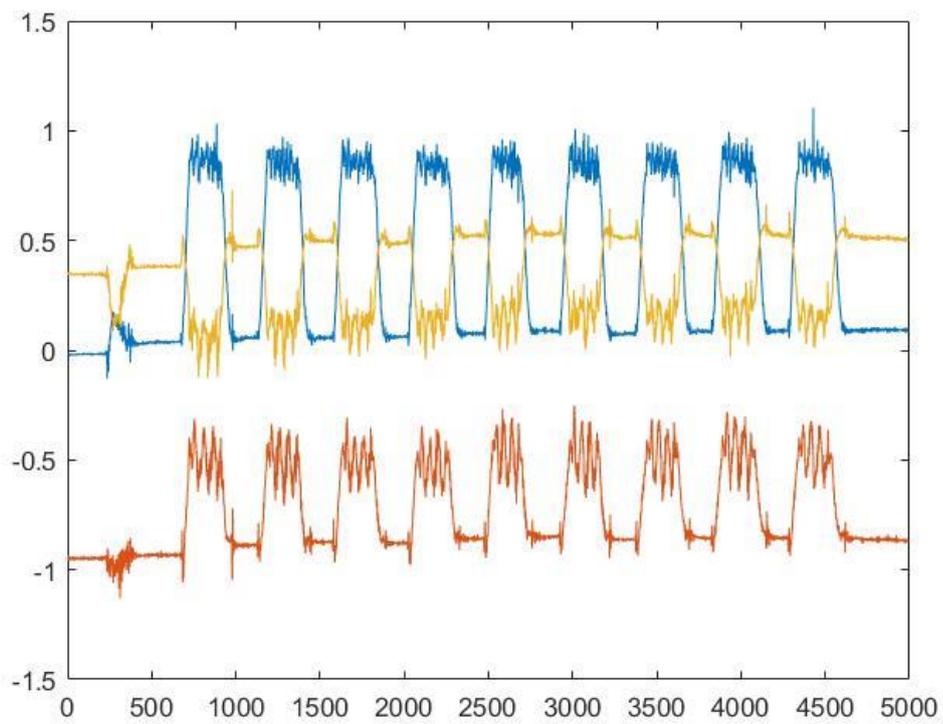


Fig. 37: Andamento dell'accelerometro della gestura 'Chiave Verticale'

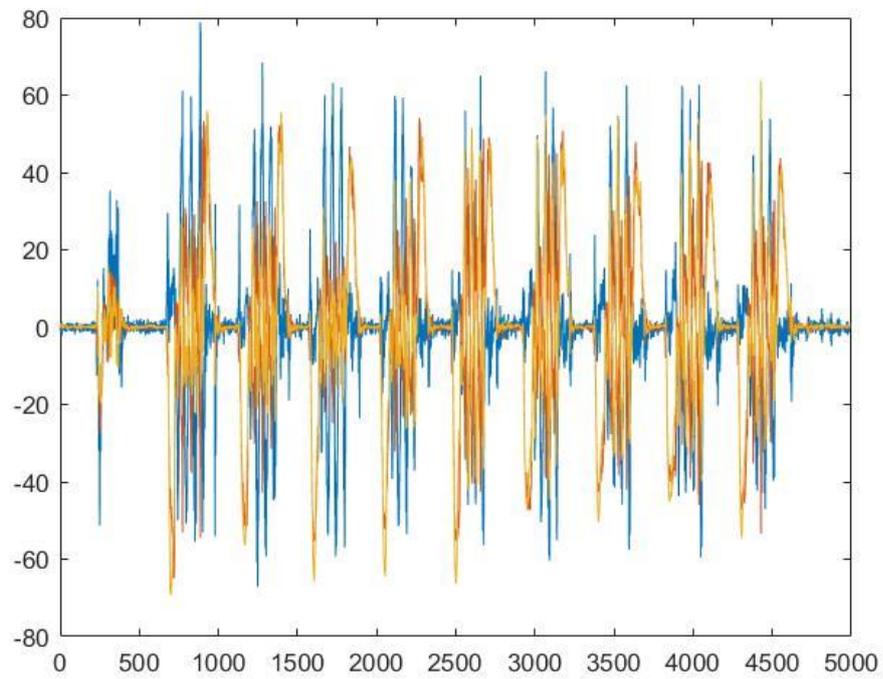


Fig. 38: Andamento del giroscopio della gesture 'Chiave Verticale'

- Joystick in avanti:

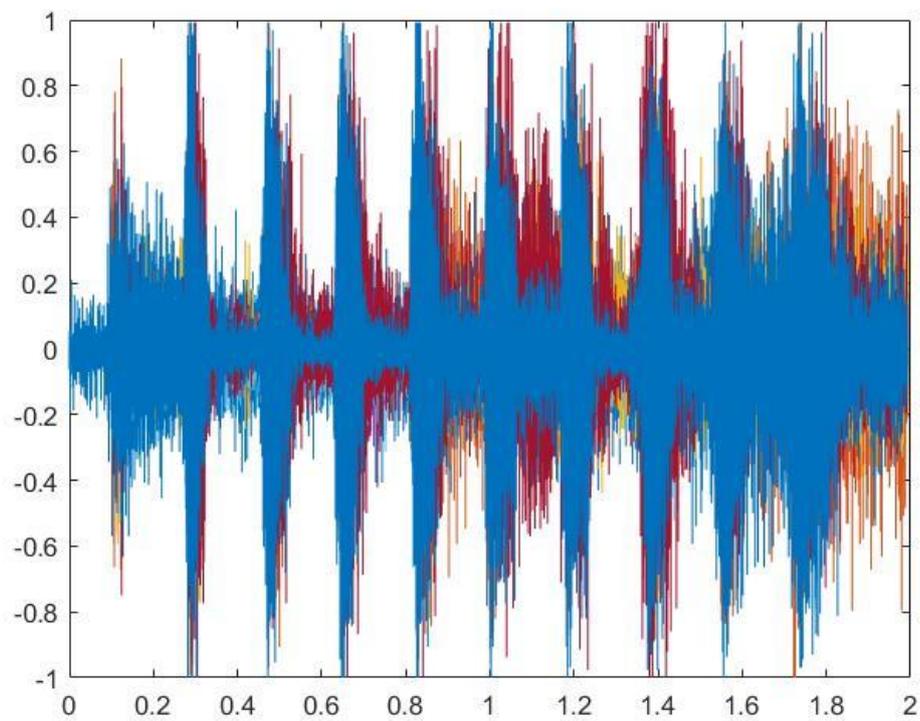


Fig. 39: Andamento dell'EMG della gesture 'Joystick in avanti' $\times 10^4$

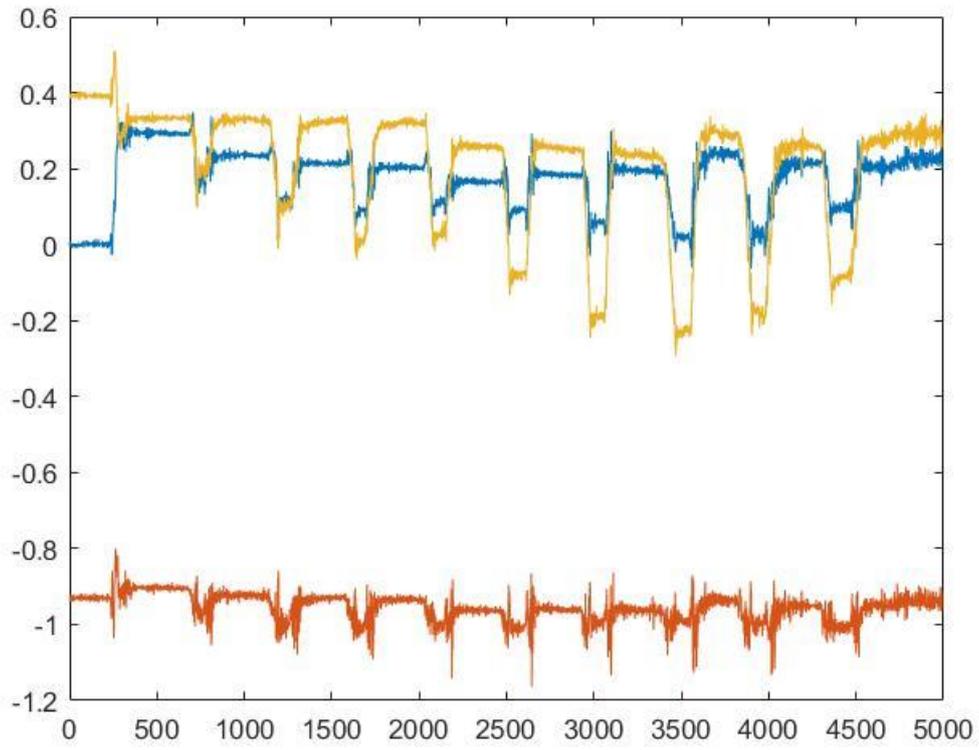


Fig. 40: Andamento dell'accelerometro della gesture 'Joystick in avanti'

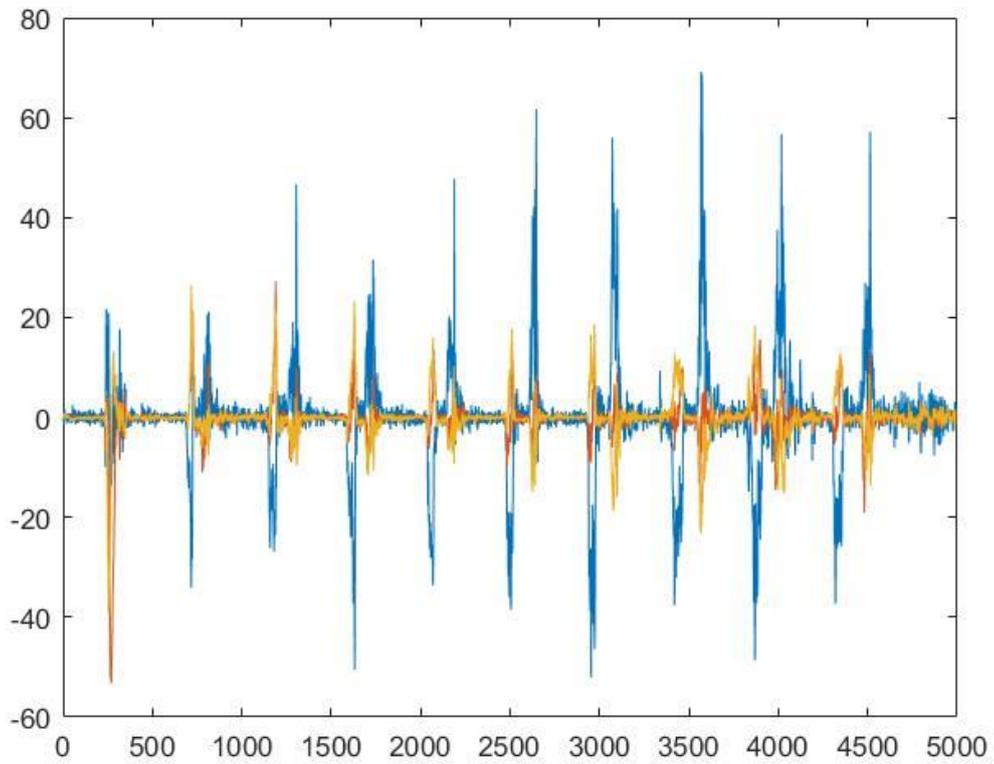


Fig. 41: Andamento del giroscopio della gesture 'Joystick in avanti'

- Joystick verso sinistra:

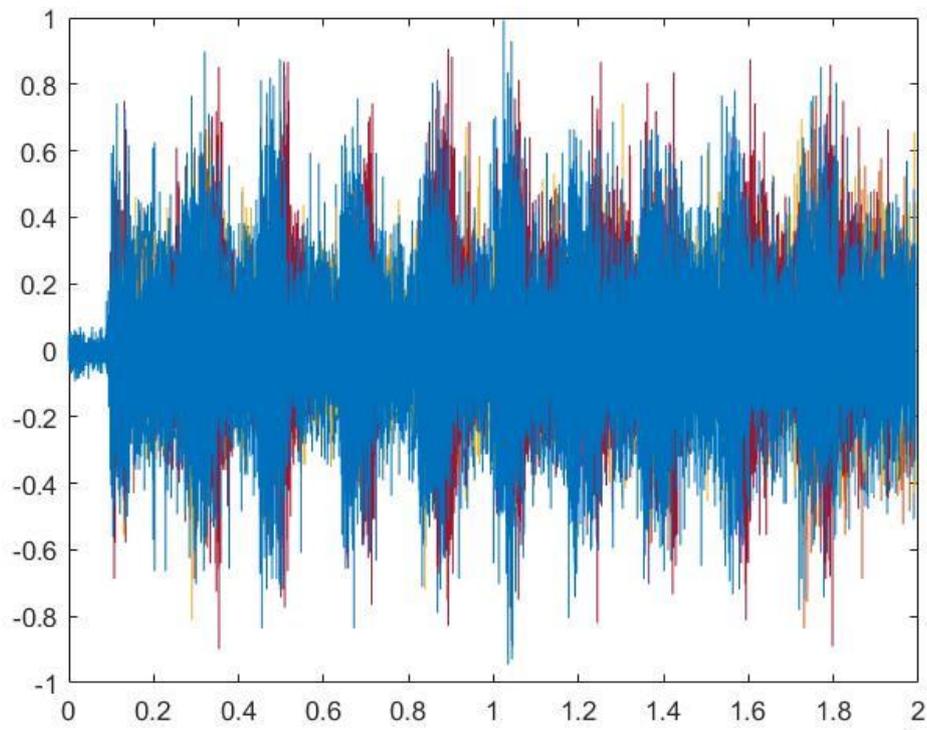


Fig. 42: Andamento dell'EMG della gestura 'Joystick verso sinistra', $\times 10^4$

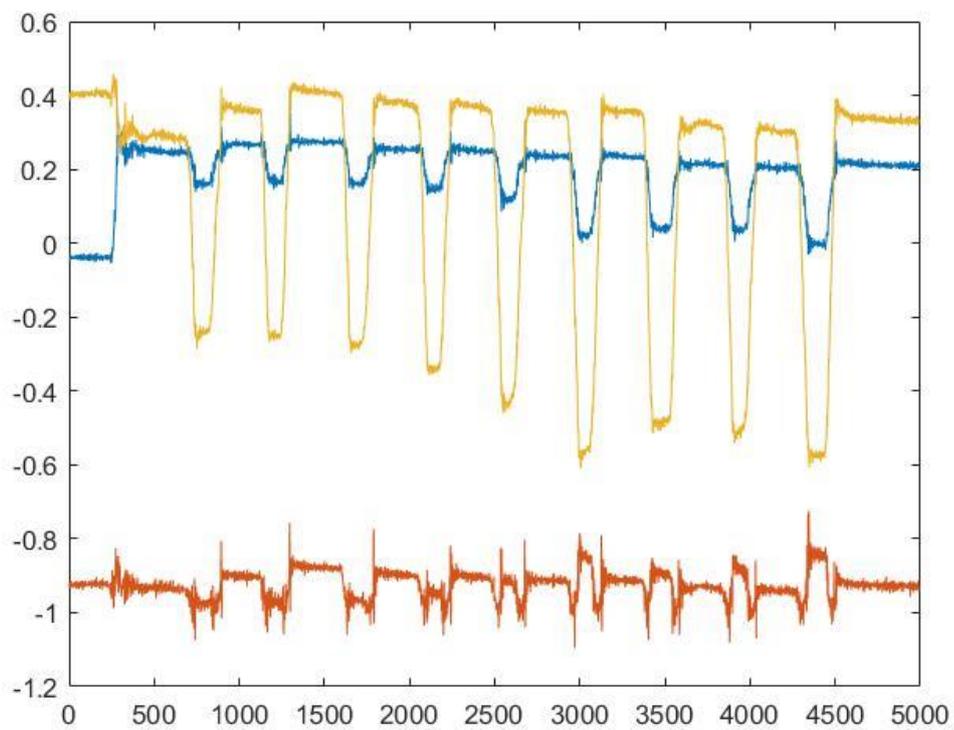


Fig. 43: Andamento dell'accelerometro della gestura 'Joystick verso sinistra'

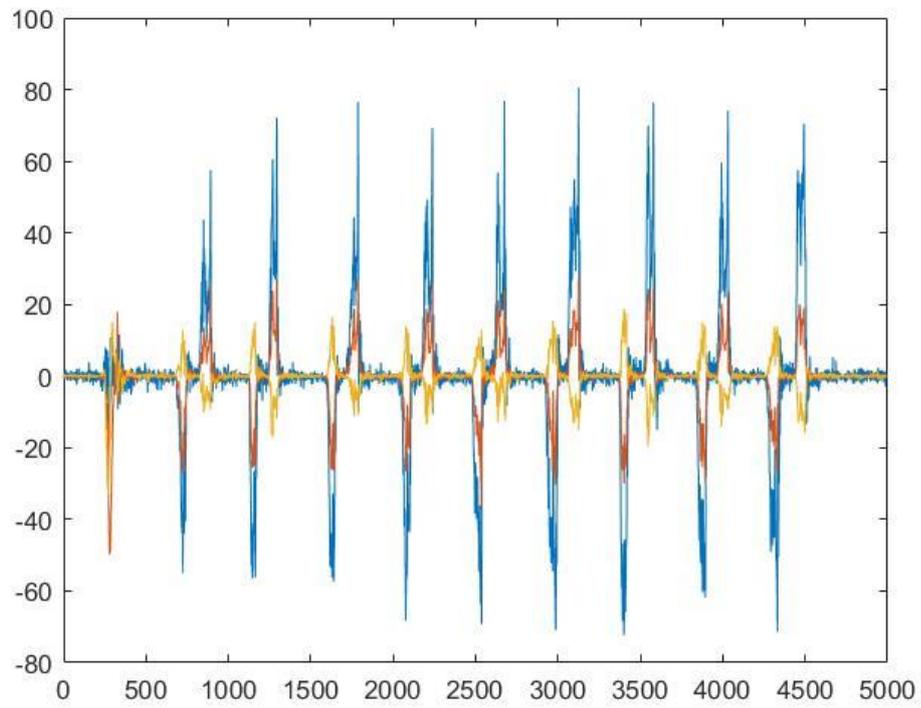


Fig. 44: Andamento del giroscopio della gestura 'Joystick verso sinistra'

- Sollevare scatola:

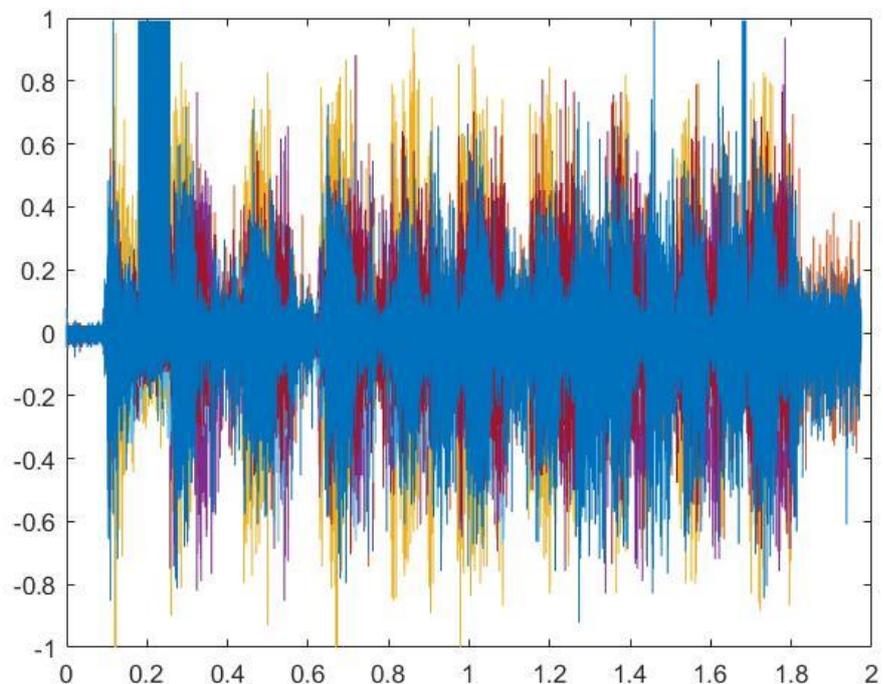


Fig. 45: Andamento dell'EMG della gestura 'Sollevare Scatola' $\times 10^4$

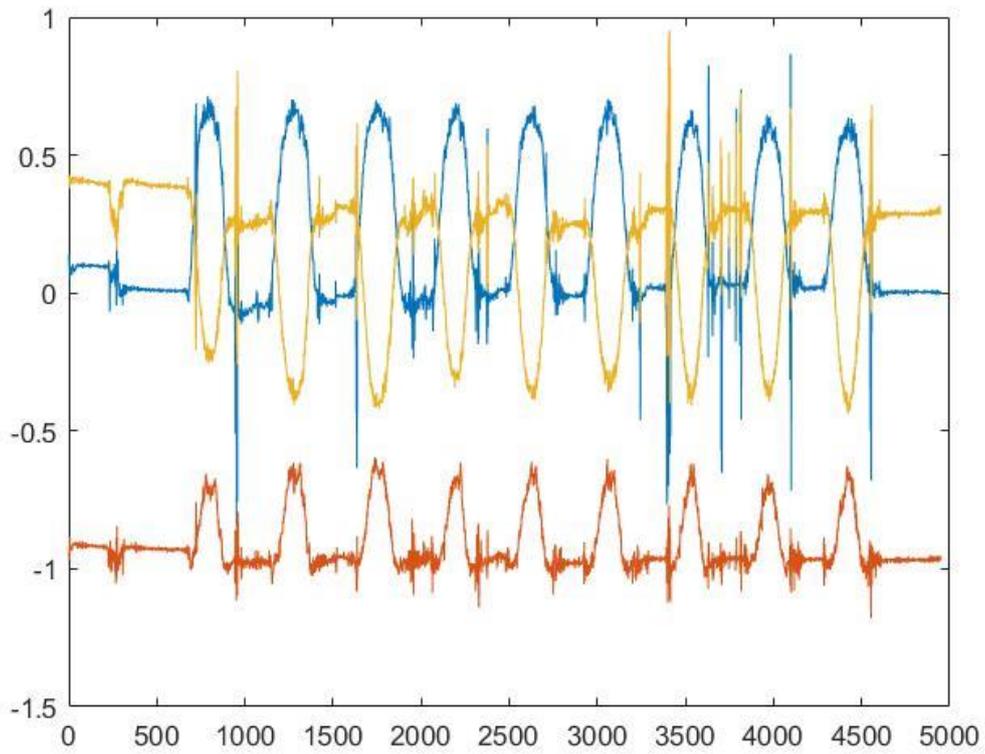


Fig. 46: Andamento dell'accelerazione della gesture 'Sollevare Scatola'

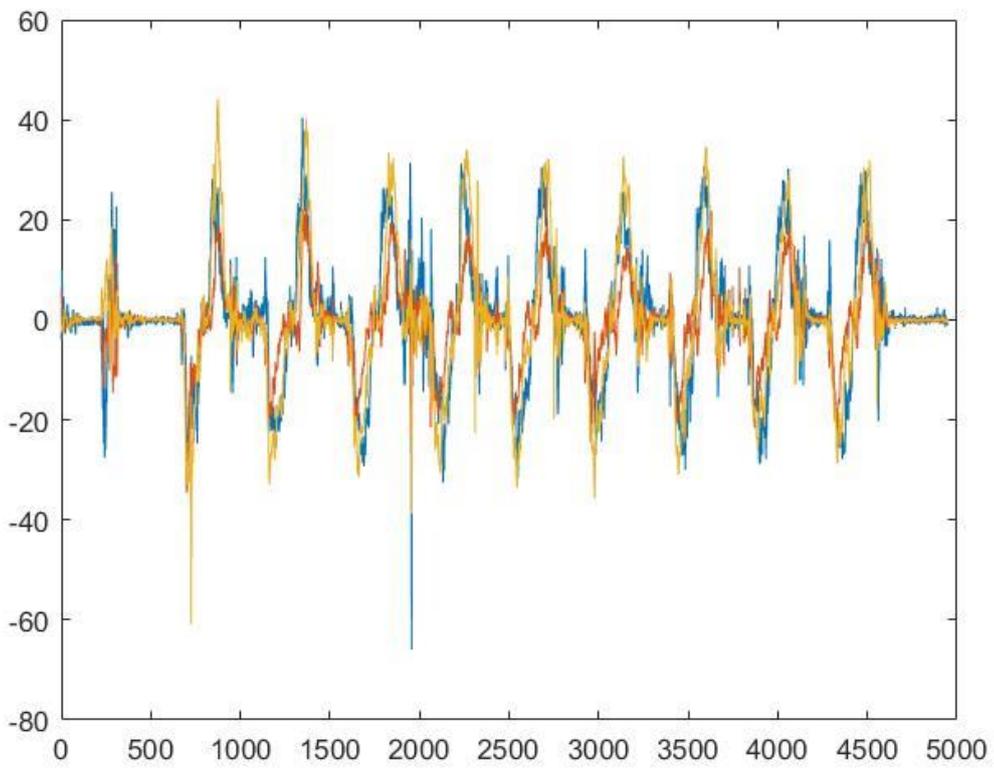


Fig. 47: Andamento del giroscopio della gesture 'Sollevare Scatola'

- Spingere la scatola sul piano:

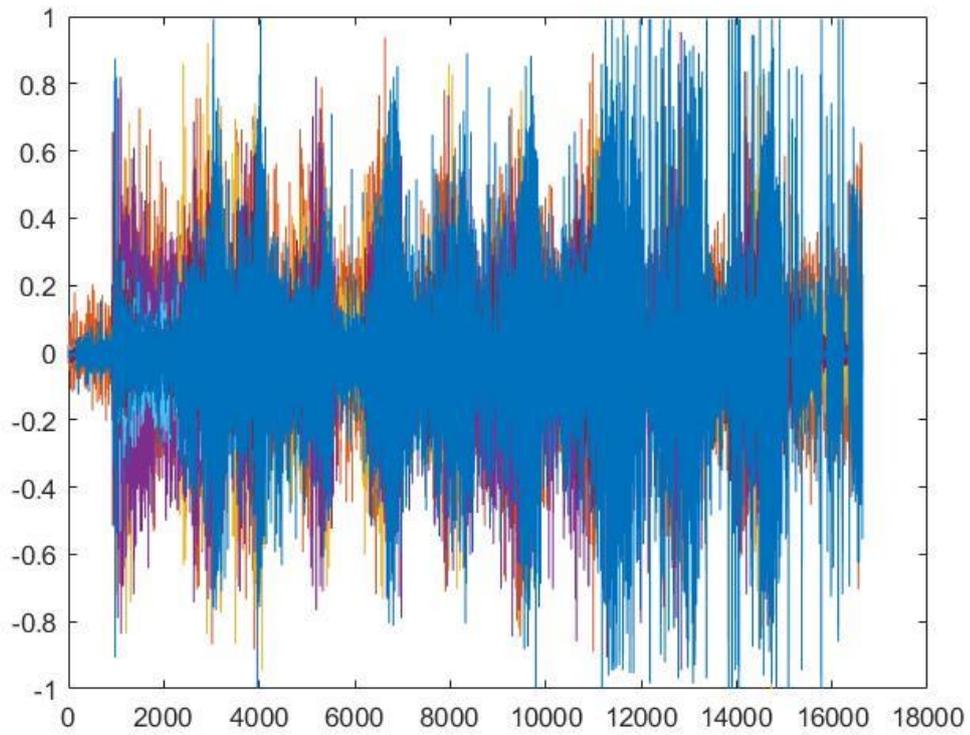


Fig. 48: Andamento dell'EMG della gestura 'Spingere Scatola'

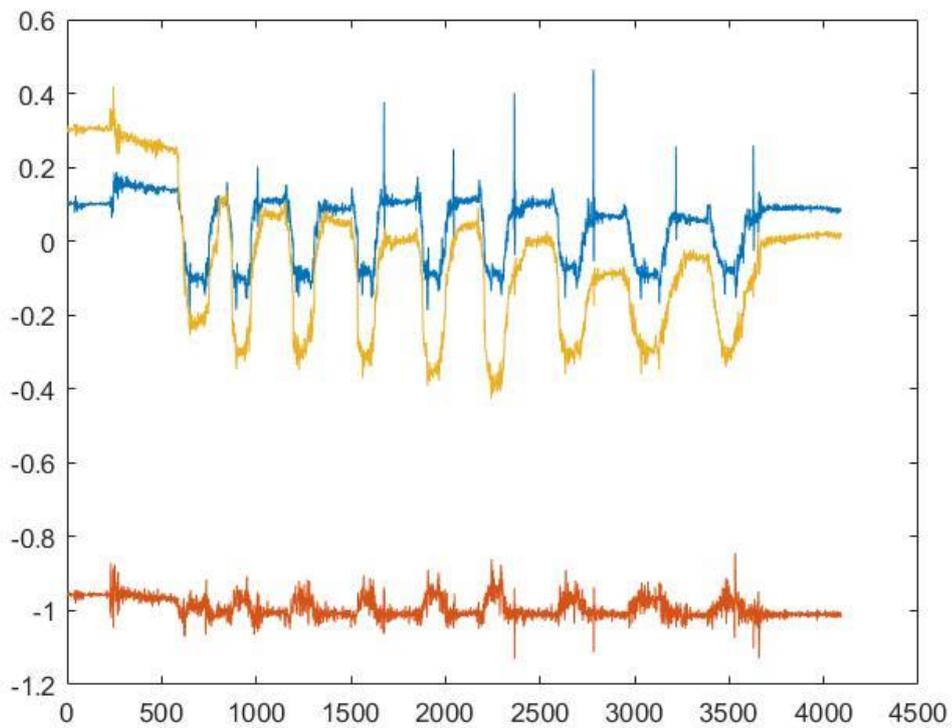


Fig. 49: Andamento dell'accelerazione della gestura 'Spingere Scatola'

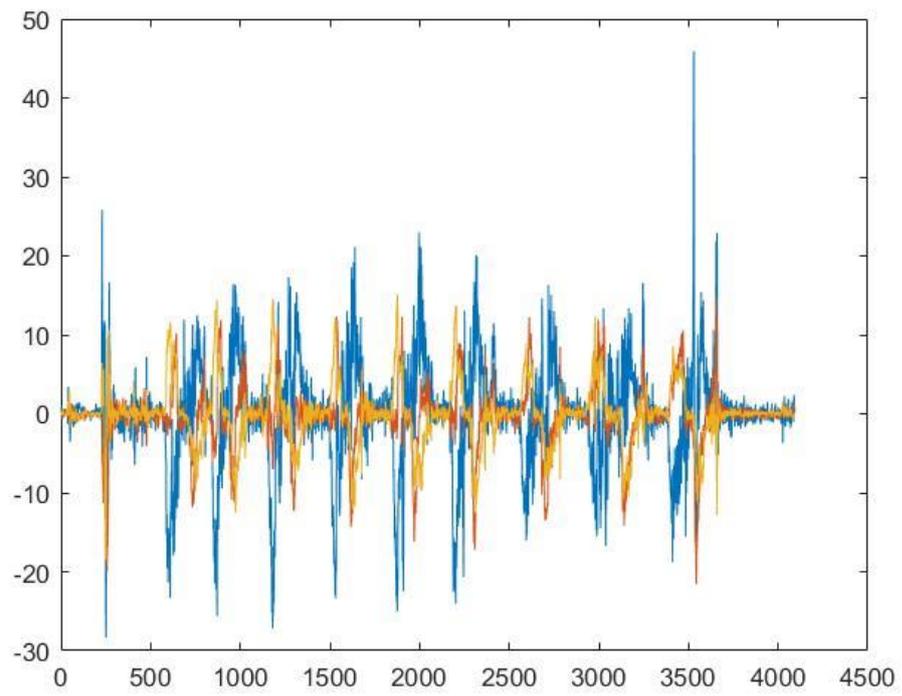


Fig. 48: Andamento del giroscopio della gesture 'Spingere Scatola'

Prendendo in esame il grafico relativo all'EMG dell'azione 'fumare', riportato in Figura 49, si può fare un'osservazione che può essere estesa a tutte le gestures. Si può notare il primo picco (evidenziato dal riquadro in rosso) che individua il momento in cui la sigaretta, nello specifico, viene afferrata. Successivamente il soggetto rimane in attesa di eseguire il movimento vero e proprio che nel caso della suddetta gesture consiste nel portare la sigaretta alla bocca per il tempo di espirazione e tornare in posizione rilassata.

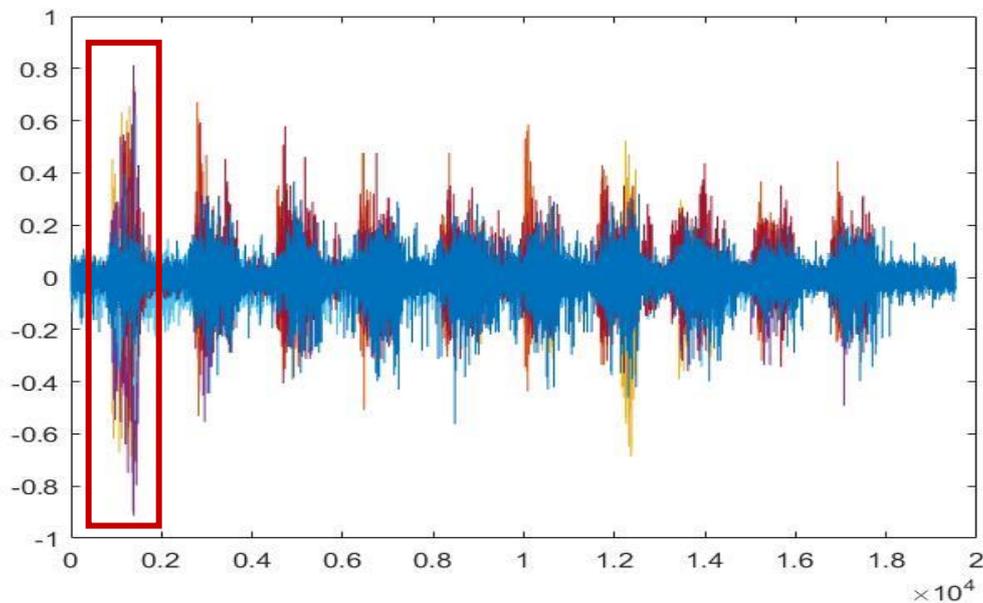


Fig. 49: Andamento dell'EMG della gesture 'fumare', in cui è evidenziato da riquadro in rosso il momento in cui l'oggetto viene afferrato.

La stessa osservazione può essere fatta visualizzando l'andamento dell'accelerazione della stessa gesture. Vengono riportati, in Figura 50, uno sopra all'altro, i grafici dell'accelerazione (in blu) e dell'EMG (in arancione). Dato che i dati dell'unità inerziale sono stati acquisiti dal Myo Armband a 50Hz e quelli relativi all'EMG a 200 Hz, per ottenere una visualizzazione in cui i due grafici coincidano in termini di campioni è stata utilizzata, in Matlab, la funzione 'resample' che permette di modificare la frequenza di campionamento di un segnale. In particolare, il segnale accelerometrico è stato portato alla stessa frequenza del segnale EMG, ovvero, 200Hz. Per semplicità è riportato l'andamento dell'EMG e dell'accelerazione di un solo canale.

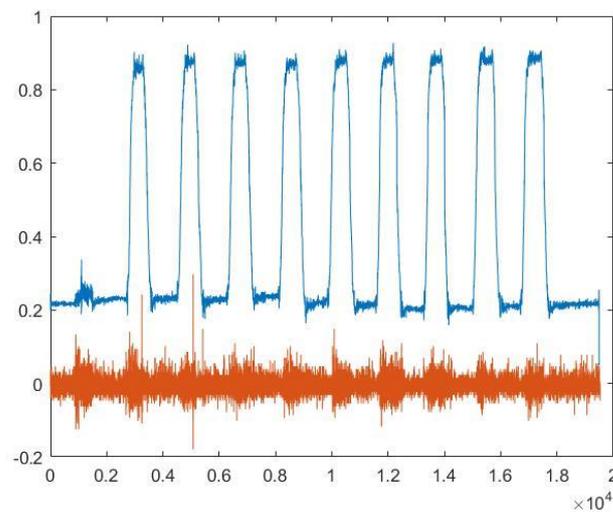


Fig. 50: Andamento dell'accelerazione e dell'EMG della gesture 'fumare'.

In Figura 50 sono evidenti i 10 picchi di cui 9 relativi alle azioni e 1, il primo, relativo al momento in cui la sigaretta viene afferrata. Nel grafico in blu, il primo picco è decisamente minore in ampiezza rispetto ai restanti 9, questo perché il soggetto all'inizio dell'esperimento si trova in posizione rilassata con

l'avambraccio poggiato su una superficie sulla quale si trova anche la sigaretta e l'azione di muoversi per raggiungere la sigaretta ha implicato uno spostamento minimo nello spazio e una minima accelerazione.

Isolando un'unica ripetizione della gesture 'fumare' si riporta in Figura 51 l'andamento dell'EMG degli 8 canali presi singolarmente. Da questi si può notare la diversa attivazione dei vari muscoli coinvolti in uno stesso gesto. Sapendo che ogni sensore del Myo Armband capta un diverso segnale a seconda di dove esso è posizionato sull'avambraccio è possibile, facendo riferimento alla Figura 4 sul posizionamento del dispositivo, associare ad ogni sensore uno o più muscoli dell'avambraccio e capire, nel movimento in esame, quale muscolo è coinvolto maggiormente e in quale preciso momento dell'azione.

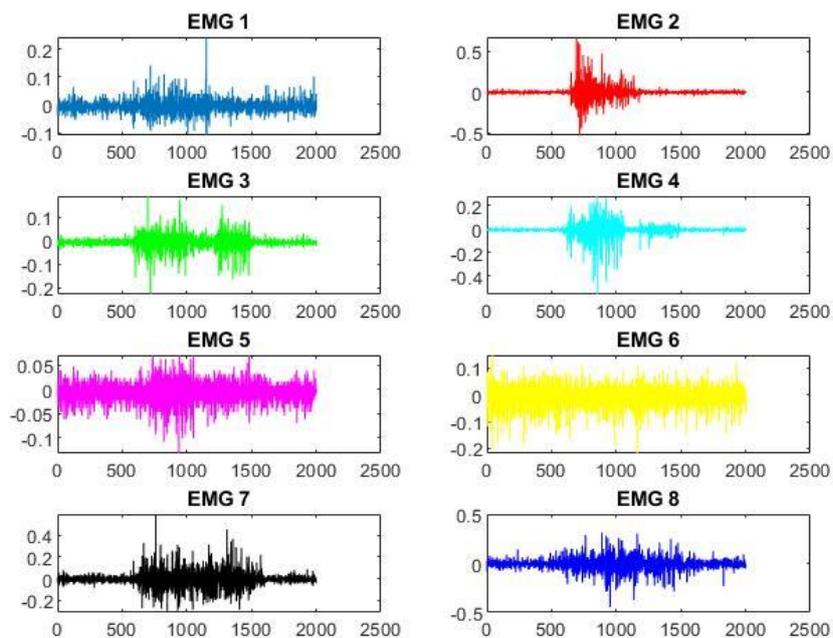


Fig. 51: Andamento dell'EMG di una ripetizione dell'azione fumare degli 8 sensori singolarmente

5 Conclusioni

L'obiettivo di questo elaborato era la realizzazione di un protocollo sperimentale che potesse fungere da primo step verso un'analisi più approfondita delle gestures discusse precedentemente. Partendo, quindi, da questi risultati, il lavoro che può essere fatto in futuro consiste nelle fasi successive della gesture recognition: l'estrazione delle features e la classificazione dei movimenti.

Bibliografia

- [1] Hussein Naeem Hasan 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1279 012040
- [2] Ashton, K. That ‘internet of things’ thing. RFID J. 2009, 22, 97–114.
- [3] Xiaoliang Zhang , Ziqi Yang , Taiyu Chen , Diliang Chen , and Ming-Chun Huang, “Cooperative Sensing and Wearable Computing for Sequential Hand Gesture Recognition”, IEEE Sensor Journal, Vol. 19, No. 14, July 15, 2019.
- [4] Xu Zhang, Xiang Chen, Associate Member, IEEE, Yun Li, Vuokko Lantz, Kongqiao Wang, and Jihai Yang, “A Framework for Hand Gesture Recognition Based on Accelerometer and EMG Sensors”, IEEE transactions on systems, man, and cybernetics-part A: System and Humans, Vol. 41, No. 6, November 2011.
- [5] Lopez, Jose Alejandro, "Motion Intention Estimation using sEMG-ACC Sensor Fusion" (2021). Electronic Thesis and Dissertation Repository. 7694.
- [6] Srikanth Sagar Bangaru, Chao Wang and Fereydoun Aghazadeh, “Data Quality and Reliability Assessment of Wearable EMG and IMU Sensor for Construction Activity Recognition”, Sensors 2020
- [7] Ekaterina Kutafina, David Laukamp, Ralf Bettermann, Ulrik Schroeder and Stephan M. Jonas, Wearable Sensors for eLearning of Manual Tasks: Using Forearm EMG in Hand Hygiene Training”, Sensors 2016, 16, 1221.

- [8] Spasojevic' S, Ilic' TV, Stojkovic' I, Potkonjak V, Rodic' A and SantosVictor J (2017), "Quantitative Assessment of the Arm/Hand Movements in Parkinson's Disease Using a Wireless Armband Device", *Front. Neurol.* 8:388.
- [9] Ma, H.D. Internet of things: Objectives and scientific challenges. *J. Comput. Sci. Technol.* 2011, 26, 919–924.
- [10] Mattia Semprini, "GESTURE RECOGNITION: UNA PANORAMICA",
relatore: Prof. Alessandro Ricci, Anno Accademico 2016/2017