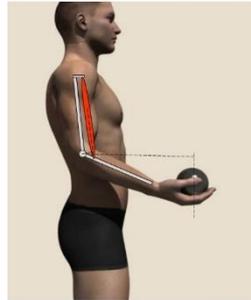


# PROGETTO CoMES

## Controllo Motorio ed Elettromiografia di Superficie: sviluppo di modelli e strumenti didattici (CoMES)



**RAPPORTO CONCLUSIVO**

**Dicembre 2018**

**Valter Devecchi, Riccardo Panero, Kamila Leskaj**

**Roberto Merletti**  
**(roberto.merletti@polito.it)**



Laboratorio di  
Ingegneria del  
Sistema  
Neuromuscolare,  
Politecnico di Torino

marco.gazzoni@polito.it roberto.merletti@polito.it

### Enti partecipanti / Participating Institutions



Associazione Italiana  
Fisioterapisti  
Piemonte e Valle d'Aosta  
info@aifipiemontevalledaosta.it  
<https://piemontevalledaosta.aifi.net/>

Società Italiana di Fisioterapia  
info@sif-fisioterapia.it  
<http://www.sif-fisioterapia.it>



Centre of Precision  
Rehabilitation for  
Spinal Pain  
Prof. Deborah Falla, Director and Chair  
in Rehabilitation Science and Physiotherapy  
University of Birmingham, UK  
d.falla@bham.ac.uk

**M Northwestern Medicine** Department of  
Feinberg School of Medicine Physical Therapy  
and Human Movement Sciences  
Dr. Theresa Sukal-Moulton, PT, DPT, PhD  
Northwestern University Chicago, IL USA  
theresa-moulton@northwestern.edu

# INDICE

1 – SOMMARIO.....	3
SUMMARY.....	6
2 - INTRODUZIONE E MOTIVAZIONI DEL PROGETTO.....	9
INTRODUCTION AND MOTIVATIONS OF THE PROJECT.....	10
3 - PIEGHEVOLE DEL PROGETTO.....	13
LEAFLET OF THE PROJECT .....	14
4 - STATO DELL'ARTE.....	14
5 - ELENCO DEI MODULI DIDATTICI.....	18
6 - FORMAZIONE ITALIANA IN TECNOLOGIA DELLA RIABILITAZIONE NEI CORSI DI LAUREA IN FISIOTERAPIA.....	19
7 - ANALISI DELLE AZIENDE E-LEARNING SUL TERRITORIO.....	20
8 - ANALISI SITI PRODUTTORI sEMG e MATERIALE DI FORMAZIONE.....	22
9 - INCONTRI PER LA VALUTAZIONE DEL MATERIALE.....	24
10 - CONGRESSI E WORKSHOPS SEGUITI IN AMBITO sEMG – ANALISI DEL MOVIMENTO – INGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE.....	26
11 - FISIOTERAPIA E RICERCA IN ITALIA.....	30
12 - PRESENTAZIONE DEI MODULI DIDATTICI.....	31
13 – CONCLUSIONI.....	38
CONCLUSIONS.....	40
14 - BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	42
15 _ COMMENTI DEI VALUTATORI SUL LAVORO SVOLTO.....	50
16 - CURRICULUM VITAE DEGLI AUTORI.....	52

## 1 - Sommario

L'obiettivo iniziale di questo progetto era preparare un blocco di materiale didattico interattivo sull'elettromiografia di superficie (sEMG) rivolto a fisioterapisti, chinesologi, altri operatori del settore ed interamente disponibile su Internet. Le difficoltà incontrate nella ricerca di sviluppatori informatici qualificati e di aziende interessate hanno portato ad una ristrutturazione del progetto, con la creazione di un set di 10 moduli non interattivi implementati in Power Point e scaricabili gratuitamente da differenti siti Web. Attualmente il materiale non ha un supporto vocale. In passato era stato fatto un lavoro analogo in collaborazione con la Scuola di Scienze Motorie dell'Università di Torino (SUISM, 2009-2012) e con il supporto della Compagnia San Paolo.

Questo nuovo progetto è incentrato su un maggior numero di argomenti, inoltre è stato sviluppato con la collaborazione di tre fisioterapisti ed è stato valutato da tre Professori di Fisioterapia di reputazione internazionale: Dr T. Sukal-Moulton (Northwestern University, USA), Prof D. Falla (University of Birmingham, UK) and Prof. R. Gatti (Humanitas University, Milano Italia).

### Sezione 1. Sommario (Italiano e Inglese)

**Sezione 2. Introduzione e motivazioni del progetto (Italiano e Inglese).** Le scienze riabilitative, tra cui la fisioterapia, stanno attraversando una profonda rivoluzione tecnologica dovuta ai progressi della tecnologia e dell'ingegneria della riabilitazione. In molti paesi i fisioterapisti interagiscono regolarmente con ingegneri e robot riabilitativi. Il materiale del Progetto CoMES si inserisce in questo scenario e si concentra sull'EMG (sEMG) per la rilevanza dell'argomento e per la riconosciuta attività di ricerca sviluppata in questo ambito dal Laboratorio di Ingegneria del Sistema Muscoloscheletrico, Politecnico di Torino.

**Sezione 3. Pieghevole del Progetto (Italiano e Inglese).** Questa sezione presenta il pieghevole del progetto in entrambi i formati: italiano e inglese. Il pieghevole è stato distribuito durante eventi nazionali e internazionali.

**Sezione 4. Stato dell'arte (Italiano).** Vengono discussi i pregressi sforzi in didattica, standardizzazione e formazione con un'attenzione particolare rivolta ai numerosi Progetti Europei e iniziative nell'ambito sEMG.

**Sezione 5. Lista dei moduli didattici (Italiano).** I dieci moduli didattici rappresentano il prodotto principale del Progetto CoMES, sono bilingue (Italiano e Inglese) e, attualmente, sono disponibili (e scaricabili) gratuitamente sul sito Internet: <https://www.robertomerletti.it/it/emg/material/teaching/>

I primi tre moduli del progetto forniscono un ripasso dei concetti di base della fisica insegnata nei licei, argomenti che in alcuni paesi sono necessari per accedere alle scuole di fisioterapia.

Il modulo 4 introduce i concetti di base di analisi dei segnali e il Modulo 5 è incentrato sui concetti di base di elettrofisiologia e generazione del segnale sEMG.

I moduli 6-8 analizzano con maggiore dettaglio la natura del segnale sEMG e le tecniche (e i frequenti errori) di acquisizione.

Il modulo 9 tratta l'utilizzo di modelli matematici per la comprensione e l'interpretazione del segnale sEMG. Attualmente questo modulo è incompleto e sarà terminato prossimamente.

Il modulo 10 presenta una serie di acquisizioni, applicazioni e interpretazioni del segnale sEMG, con particolare attenzione agli errori comuni e alle incorrette interpretazioni.

Il materiale presentato in questi moduli non fa parte del piano didattico delle Scuole Italiane in Fisioterapia. Ci si augura che le Scuole, entro breve, adottino questo materiale nel proprio programma didattico.

### **Sezione 6. Formazione in tecnologia della riabilitazione nei Corsi in Fisioterapia (Italiano).**

Su 39 Corsi di Laurea in Fisioterapia in Italia, uno non ha un sito Internet e solo 10 offrono un corso in Tecnologia della Riabilitazione o Ingegneria Biomedica o argomenti simili. Tra i 10 corsi identificati, nessuno indica esplicitamente sul sito Web insegnamenti in elettromiografia. Questo è uno dei motivi per cui si rende necessario lo sviluppo di materiale didattico gratuito in rete.

**Sezione 7. Analisi delle aziende e-learning in Piemonte (Italiano).** Sono state identificate nove aziende commerciali che sviluppano progetti di e-learning in Piemonte. Nessuna di esse mostrava i requisiti e l'esperienza per sviluppare materiale didattico interattivo online con animazioni, nonostante il considerevole interesse riferito da alcune. Queste ultime hanno condotto un'analisi per identificare il potenziale mercato inerente il materiale didattico on-line in ambito sEMG. Attualmente non esiste una richiesta significativa sul mercato. Questa è una delle ragioni per cui è stato utilizzato uno strumento molto semplice (ma non appropriato) per la creazione delle slides e di semplici animazioni (Microsoft Power Point).

**Sezione 8. Aziende sEMG (Italiano).** Tramite una ricerca su Google sono state identificate 16 aziende che si occupano di strumentazione sEMG, delle quali 13 internazionali e 3 italiane. Solo due aziende statunitensi forniscono materiale didattico o corsi gratuiti su Internet. La presenza di numerose aziende, con un'ampia gamma di prodotti, suggerisce che esiste un mercato significativo per le strumentazioni sEMG. Tale considerazione appare in contrasto con ciò che era stato sottolineato nella sezione precedente. Sembrerebbe che le strumentazioni sEMG siano acquistate e usate principalmente da ingegneri della riabilitazione e gruppi di ricerca in analisi del movimento, ma non da fisioterapisti o scuole di fisioterapia. I fisioterapisti non sembrano consapevoli delle aziende e dei prodotti. Da questo forse deriva lo scarso interesse verso tecniche di cui non hanno mai sentito parlare

**Sezione 9. Valutazione del presente materiale didattico da parte di studenti di fisioterapia e fisioterapisti (Italiano).** Una prima presentazione del Modulo 1 (Meccanica di base) e 2 (Biomeccanica di base) è stata fatta con alcuni studenti di fisioterapia presso la sede AIFI di Torino. La partecipazione è stata scarsa (quattro studenti e quattro fisioterapisti).

Una seconda presentazione del Modulo 1 è stata fatta con circa 40 studenti del secondo anno della scuola di fisioterapia dell'Università Humanitas di Milano. Nessun docente vi ha partecipato. E' apparsa immediatamente evidente una significativa carenza dei concetti di base di matematica (trigonometria, derivate, integrali) e meccanica (concetti di torque, leva e inerzia). I partecipanti non avevano informazioni inerenti i sensori inerziali (IMU) e sEMG (con qualche eccezione relativa alla gait analysis). Non sono stati organizzati altri incontri con studenti o professionisti del settore. Queste lacune didattiche rappresentano un problema che le scuole di fisioterapia dovrebbero considerare durante la preparazione degli esami d'ammissione.

### **Sezione 10. Partecipazione a congressi internazionali e nazionali (Italiano).**

La partecipazione a congressi nazionali e internazionali è stata un'esperienza significativa all'interno del progetto CoMES ed è stata supportata da AIFI e dal LISIN.

Il Dott. Devecchi ha partecipato al Congress of the International Society of Electromyography and Kinesiology (Dublino, Giugno 2018). Erano presenti molti fisioterapisti italiani affiliati a istituti stranieri e solo due a istituti italiani.

La Dott.ssa Leskaj ha partecipato al 4th International Conference on NeuroRehabilitation (ICNR 2018) – Pisa, 16-20 Ottobre 2018 e ha avuto l'opportunità di interagire con esperti internazionali e ricercatori del settore di altri paesi. I fisioterapisti italiani provenivano principalmente da Pisa.

V. Devecchi, K. Leskaj e R. Panero hanno partecipato a numerosi seminari e congressi locali.

**Sezione 11. Ricerca in fisioterapia in Italia (Italiano).** Gli Istituti Accademici Italiani non offrono un Dottorato in Fisioterapia. 46 fisioterapisti italiani hanno un dottorato in altri settori o in Fisioterapia (ottenuto in altre nazioni). La mancanza di un dottorato preclude di fatto la carriera accademica. La laurea magistrale non è specificatamente in fisioterapia, ma in combinazione con altre professioni sanitarie.

**Sezione 12. Presentazione dei 10 moduli didattici (Italiano).** Il contenuto dei 10 moduli didattici è riassunto in questa sezione. Attualmente i moduli didattici sono gratuiti e disponibili sul sito Internet [www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it).

**Sezione 13. Conclusioni (Italiano)** Numerose conclusioni derivano dal presente lavoro, ma solo tre sono riportate di seguito.

1. C'è stata una continua raccomandazione da parte dei fisioterapisti rivolta alla diminuzione dei concetti teorici e delle conoscenze di base, spostando l'accento sulle applicazioni pratiche e cliniche. La prima frase dell'introduzione discute questo punto, il quale rappresenta un tema centrale per il futuro della fisioterapia come "mestiere/professione" o anche come "scienza".
2. I concetti di base di matematica e fisica (trigonometria di base e analisi matematica, fisica di base di meccanica e dei fenomeni elettrici) posseduti dagli studenti sono largamente insufficienti per la comprensione di processi, terapie, misure e pubblicazioni scientifiche necessari in un percorso accademico in fisioterapia. E' consigliata una selezione molto più severa nell'ammissione di studenti alle scuole di fisioterapia.
3. I fisioterapisti non sono presenti nelle iniziative internazionali interdisciplinari, società scientifiche (ISEK, ISB, ISFES, etc) e progetti europei. Essi conducono un'attività pratica e clinica (sotto la guida dei medici); inoltre gli interessi e le motivazioni in ambito accademico e di ricerca sembrano deboli e poco promosse. E' necessaria una maggiore crescita delle competenze e delle conoscenze nell'ambito della biomeccanica, della robotica e del sEMG (così come negli altri settori della tecnologia), parallelamente ad una migliore formazione di base in matematica e fisica.

Questo materiale didattico rappresenta un piccolo step iniziale verso lo sviluppo di una nuova figura di fisioterapista con una maggiore rilevanza e competenza nell'era dei robot, dell'automazione e delle tecnologie per la salute. Ulteriori step seguiranno se gli strumenti di tale progetto verranno considerati favorevolmente e utilizzati dai docenti di fisioterapia.

**Sezione 14. Bibliografia e sitografia principale.** Migliaia di articoli scientifici e dozzine di libri esistono sull'argomento sEMG. Questa sezione elenca i principali libri di testo, articoli, voci di enciclopedie, siti Internet e revisioni in ambito sEMG e riabilitazione.

**Sezione 15. Indicazioni e commenti** forniti da: Dr T. Sukal-Moulton (Northwestern University, USA), Prof D. Falla (University of Birmingham, UK) e Prof. R. Gatti (Humanitas University, Milano Italia).

**Note.** Questo lavoro non intende coprire l'intero ambito in sEMG. Non include moduli sulla stimolazione elettrica, meccaniogramma, IMU e sEMG, sEMG in medicina occupazionale, sEMG in microgravità, in ostetricia o in condizioni patologiche.

## 1. Summary.

The original objective of this work was to prepare a block of interactive teaching material on surface EMG (sEMG), aimed to physiotherapists, kinesiologists, movement scientists, and other operators of the field, and accessible through Internet. Difficulties in the identification of a qualified developer and of an interested company forced us to scale down to a set of 10 non-interactive modules implemented in Power Point and freely downloadable from a number of websites. For the moment, the material has no audio. A previous effort was carried out in collaboration with the School of Movement Sciences of the University of Torino (SUISM, 2009-2012) with support from Compagnia di San Paolo.

This new approach addresses a much wider spectrum of topics, was carried out in collaboration with three physiotherapists, and was evaluated and assessed by three Professors of Physiotherapy of international reputation: Dr T. Sukal-Moulton (Northwestern University, USA), Prof D. Falla (University of Birmingham, UK) and Prof. R. Gatti (Humanitas University, Milano Italy).

### **Section 1. This summary (Italian and English)**

**Section 2. Introduction and motivations of the project (Italian and English).** Rehabilitation sciences, including physio-therapy, are undergoing a profound technological revolution due to the progress of rehabilitation engineering and technology. In many countries physiotherapists are interacting daily with engineers and rehabilitation robots. The teaching material of Project CoMES is framed within this scenario and focuses on surface EMG (sEMG) because of the relevance of the topic and because of the renowned research activity carried out in this field by the Laboratory for Engineering of the Neuromuscular System, Politecnico di Torino.

**Section 3. Leaflet of the project (Italian and English).** This section depicts the bilingual leaflet of the project . The leaflet has been distributed in national and international events.

**Section 4. State of the art (Italian).** The previous efforts in education, standardization, training, etc are discussed in this section with special focus on the many European Projects and initiatives in the sEMG field.

**Section 5. List of the teaching modules (Italian).** The ten teaching modules are the main product of the Project CoMES, are bilingual (Italian and English) and, at this time, are freely available on (and downloadable from) the website: <https://www.robertomerletti.it/en/emg/material/teaching/> Modules 1-3 review basic concepts from high school physics that, in some countries, are required to enter a PT School. Module 4 introduces the basic concepts of signal analysis and Module 5 reviews fundamental concepts of electrophysiology and sEMG generation.

Modules 6-8 discuss the nature of sEMG, the techniques (and frequent mistakes) concerning its detection.

Module 9 deals with the use of mathematical models for the understanding and interpretation of sEMG signals. At this time this Module is incomplete and will be completed at a later time.

Module 10 describes a number of acquisitions, applications and interpretations of sEMG signals, with particular attention to common mistakes and incorrect interpretations.

The material presented in these modules is not part of the teaching curriculum of the Italian Schools of Physiotherapy. We hope that the Schools will soon integrate it in their teaching material.

**Section 6. Training in rehabilitation technology in the Italian Schools of Physiotherapy (Italian).** Out of the 39 Italian Academic Schools of Physiotherapy, one has no web site, and 10 offer a course in Rehabilitation Technology or Biomedical Engineering or related topic. None of these 10 Schools

indicates on its website any teaching of electromyography. This was one of the reason to make teaching material available on a free website.

### **Section 7. Analysis of the e-learning companies in the region of Piemonte (in Italian).**

We identified nine commercial companies developing e-learning projects in the Region of Piemonte. None of them appeared to have the required expertise to develop interactive online animations but some demonstrated considerable interest. The latter carried out an analysis to identify the potential market for on-line teaching material in the field. At this time such a market does not exist. This was the reason for using an easily available very simple (but not appropriate) tool for creating slides and simple animations (Microsoft Power Point).

**Section 8. sEMG equipment manufacturers (in Italian).** Sixteen international and three national companies manufacturing sEMG equipment were identified with a search on Google. Only two US companies provide free teaching material or webinars available on the web. The presence of so many companies, with a wide selection of products, suggests that there **is** a market for sEMG equipment and devices. This seems to be in contrast with the findings reported in the previous sections. It seems that sEMG equipment is purchased and used mostly by rehabilitation engineering and movement analysis groups, not by PTs or PT Schools. PTs do not seem to be aware of these companies and their products. So, the lack of interest for teaching material about a technique they never heard of may be explained.

### **Section 9. Evaluation of this teaching material by PT students and professionals (in Italian).**

A first presentation of Module 1 (Basic mechanics) and 2 (Basic biomechanics) was given to PTs in the offices of AIFI in Torino. Four graduates and four students participated.

A second presentation of Module 1 was given to about 40 students of the second year of the School of Physiotherapy of the Humanitas University of Milano. No professor participated. A serious lack of basic elementary mathematics and calculus (trigonometry, derivatives and integrals) and mechanics (concepts of torque, lever arm, inertia) was immediately evident. The participants had no information about IMU and sEMG techniques (with some exception about gait analysis). No other meeting with students or professionals were organized. This is an issue that PT schools should address in the preparation of the admission exam.

**Section 10. Participation to international and national congresses (in Italian).** Participation to international and national congresses was considered a useful experience within Project CoMES and was supported by AIFI and by LISIN.

Dr. V. Devecchi participated to the Congress of the International Society of Electromyography and Kinesiology (Dublin, June 2018). Many Italian PTs affiliated to foreign institutions and two PTs affiliated to Italian institutions were present.

Dr K. Leskai participated to 4th International Conference on NeuroRehabilitation (ICNR 2018) – Pisa, 16-20 October 2018 and had the opportunity to interact with international experts and researchers in the field. Mostly local PTs were present.

V. Devecchi, K. Leskaj and R. Panero participated to a number of local seminars and meetings.

**Section 11. Research in physiotherapy in Italy (in Italian).** Italian Academic Institutions do not offer a Doctorate in Physiotherapy. Forty-six Italian PTs have a doctorate in other fields or in Physiotherapy (obtained in other countries). The lack of a doctorate precludes the academic career. Most Master Degrees are not in physiotherapy but in a combination of fields including physiotherapy.

**Section 12. Presentation of the 10 teaching modules (in Italian).** The content of the 10 teaching modules is summarized in this section. At this time the teaching modules are freely available on the teaching website [www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it).

### **Section 13. Conclusions (in Italian).**

Many conclusions derive from this work. Only three will be summarized here.

1. Throughout this work there has been a continuous pressure/recommendation by PTs to minimize theoretical considerations and basic knowledge and maximize practical and clinical applications of concepts. The first sentence of the introduction discusses this point which is a key issue for the future of physiotherapy as a “job” or as a “science”.
2. The basic concepts in mathematics and physics (basic trigonometry and calculus, basic physics of mechanical and electrical phenomena) at the entry level are largely insufficient for the understanding of processes, therapies, measurements and scientific publications addressed in an academic school of physiotherapy. Much stronger and severe selection is recommended at the entry level.
3. Italian physiotherapists are not present in international interdisciplinary initiatives, societies and projects. They carry out a practical/clinical activity (very often under the direction of doctors); their drive and motivation for research and academic growth seems weak and not cultivated by their teachers. The need for greater knowledge/competence in the sEMG field (as well as in other technological fields) will not rise from them. It must be the result of a better education.

This teaching material is a first small step toward the development of a new PT figure with a greater standing and competence in the era of robotics, automation and health care technology.

Hopefully, other steps will follow if they will be considered interesting and useful by professors of physiotherapy.

### **Section 14. Main bibliography and sitography.**

Thousands of scientific articles and dozens of books exist on the topic of sEMG. This section lists the main textbooks, articles, encyclopedia items, websites and review papers in the field of sEMG and rehabilitation.

### **Section 15. Remarks and comments by Dr T. Sukal-Moulton (Northwestern University, USA), Prof D. Falla (University of Birmingham, UK) and Prof. R. Gatti (Humanitas University, Milano Italy).**

**Note.** This work is not intended to cover the entire field of sEMG. It does not include electrically elicited sEMG, mechanomyogram and sEMG, IMU and sEMG, sEMG in preventive and occupational medicine, sEMG in microgravity, in obstetrics, in pathological conditions and in other situations.

## 2 - Introduzione e motivazioni del progetto CoMES

Il fisioterapista è un artigiano? Cioè una persona qualificata che esegue uno specifico lavoro pratico, come un panettiere, un tecnico o un autista che segue le direzioni e indicazioni fornite dagli esperti o lette sui manuali? O è il fisioterapista un professionista, un investigatore, un ricercatore che comprende i meccanismi fisiopatologici dei pazienti, così come gli utilizzi e gli effetti delle strumentazioni che adotta per trattare o misurare i risultati delle sue azioni, come un medico o un ingegnere?

Chiaramente, questo progetto presume una risposta negativa alla prima domanda e positiva alla seconda. Tale prospettiva implica una considerevole competenza nei vari ambiti e una costante crescita nel campo della tecnologia in riabilitazione, una solida educazione e formazione in stimolazione elettrica funzionale e terapeutica, elettromiografia non invasiva, analisi del movimento e molti altri rami delle scienze riabilitative (vedi riferimenti sotto). Tutto ciò comprende un esteso campo di conoscenze che non possono essere apprese solo attraverso la pratica. E' necessario uno studio impegnativo e rigoroso e un lavoro a livello accademico, forte motivazione personale, curiosità e costante dedizione. Guadagnare un salario per vivere certamente non può essere una motivazione sufficiente.

Questo progetto è solo agli inizi. Si concentra solo su UNO degli ambiti citati precedentemente: l'elettromiografia non invasiva (biomeccanica di base e sEMG). Anche all'interno di questo campo il panorama è estremamente ampio. Il progetto CoMES analizza solo alcuni concetti chiave in relazione alla biomeccanica, elettrofisiologia, analisi dei segnali, acquisizione sEMG e interpretazione con esempi condotti su soggetti sani e attività volontarie. Nonostante l'importante ruolo del sEMG nella stimolazione elettrica, meccanismi e condizioni patologiche (spasticità, distonia, denervazione, lesioni periferiche e centrali, ecc.), le applicazioni del sEMG in queste aree non sono analizzate a causa di una limitata e poco insegnata conoscenza e esperienza. Si spera che lo saranno presto grazie ad una costante crescita. Ulteriori perfezionamenti tecnici sono necessari, ad esempio una voce narrante e migliori animazioni.

Questo progetto ha dato origine a numerose discussioni, anche tra gli autori e i valutatori, inerenti il bisogno di tali competenze. La tecnologia sta producendo una profonda e importante rivoluzione della figura del fisioterapista. Le principali attività manuali (mobilizzazioni di arti, esecuzione di movimenti ripetuti) saranno eseguite da robot riabilitativi in grado di "sentire", monitorare, correggere o adattarsi alla performance e alle esigenze del paziente. Senza perdere la sua connotazione medica e umana, la medicina della riabilitazione (e la fisioterapia) sta diventando sempre più integrata con l'ingegneria della riabilitazione. Sarà necessaria sempre più intelligenza, esperienza e formazione interdisciplinare e meno attività strettamente pratica e manuale.

Sebbene questo stia accadendo in molti altri campi della medicina, l'impatto sulla fisioterapia è notevole perché, nonostante la scarsa formazione offerta in alcuni paesi, questo è il campo della medicina con la maggiore interazione con la fisica e l'ingegneria. Nonostante l'opinione di molti studenti e alcuni docenti, il fisioterapista diventerà presto sempre più coinvolto nella programmazione di robot, nell'utilizzo di strumenti riabilitativi e di prevenzione e nell'uso di strumenti in grado di quantificare i risultati degli interventi effettuati. Sebbene tale rivoluzione non dovrebbe sostituire l'interazione fisioterapista-paziente e la valutazione clinica, sicuramente fornirà una base per separare ciò che è utile da ciò che non lo è, cosa deve essere fornito dalle assicurazioni o dalla comunità, e cosa no. In conclusione, le sedute di fisioterapia con i pazienti, comprendenti test e valutazioni, saranno più lunghe e rigorose, non più brevi ed economiche. I risultati economici dipendono da una migliore qualità degli interventi.

Il materiale preparato fino ad ora rappresenta un piccolo step in questa direzione. Gli autori vogliono ringraziare e esprimere gratitudine per le discussioni e i commenti forniti da Dr T. Sukal-Moulton (Northwestern University, USA), Prof D. Falla (University of Birmingham, UK) e Prof. R. Gatti (Humanitas University, Milano Italia). Le loro valutazioni sono incluse alla fine del report.

## 2.1 Riferimenti selezionati per approfondire il tema di tecnologia e fisioterapia.

H.P.French, J.Dowds, on behalf of the Dublin Academic Teaching Hospitals, Physiotherapy CPD Project Group, An overview of Continuing Professional Development in physiotherapy. Physiotherapy, Vol. 94, Issue 3, September 2008, Pg: 190-197  
<https://doi.org/10.1016/j.physio.2007.09.004>

<https://www.concentra.com/resource-center/articles/three-ways-technology-has-improved-physical-therapy-treatment/> Three Ways Technology Has Improved Physical Therapy Treatment, By Haley Bass, 01/12/2018

<https://criticalphysio.net/2017/07/18/will-technology-make-physiotherapy-obsolete/> Critical physiotherapy network.

Klein CS, Li S, Hu X and Li X, Editorial: Electromyography (EMG) Techniques for the Assessment and Rehabilitation of Motor Impairment Following Stroke. Frontiers in Neurology. 2018, 9: Article 1122. doi: 10.3389/fneur.2018.01122

[https://www.youtube.com/watch?v=MK9AkQ2Zu\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=MK9AkQ2Zu_w) Robotics for Stroke Rehabilitation  
Karen J. Nolan | TEDxHerndon

<https://www.hocoma.com/solutions/armeo-power/> The world's first robotic arm exoskeleton for integrated arm and hand therapy for severely impaired patients.

[www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it) -> teaching material (clinical) -> teaching modules and on-line courses



Roberto Merletti PhD.

Former Prof of Rehabilitation Engineering, Politecnico di Torino

## 2- Introduction and motivations of the CoMES Project

Is the physiotherapist (PT) an artisan, a professional person who performs a specific practical job, like a baker, a technician or a bus driver, following directions and indications from experts or manuals? Or is the physiotherapist a clinician, an investigator, a researcher who understands the physiopathological mechanisms of the person is working on, as well as the workings and the effects of the instruments is using to treat and/or to measure the results of his/her actions, like a doctor or an engineer?

This project presumes a negative answer to the first question and a positive answer to the second one. These answers imply considerable competence in the very wide and rapidly growing field of rehabilitation technology, a solid education and training in fields such as therapeutic and functional electrical stimulation, non-invasive electromyography, movement analysis and many other similar branches of rehabilitation sciences (see references below). This is an extensive body of knowledge

that cannot be learned just by practice. It requires hard study and work at the academic level, strong motivations and internal drive, curiosity and dedication. Earning a salary to make a living should certainly not be the main motivation.

This project is a beginning. It focuses only on ONE of the above-mentioned fields: noninvasive electromyography (basic biomechanics and sEMG). Even in this single field is very wide. Project CoMES addresses only the basic points dealing with fundamental concepts of biomechanics, electrophysiology, signal processing, sEMG detection and interpretation with examples in healthy conditions and in voluntary activity. Despite the important role of sEMG in electrically elicited muscle contractions, mechanomyography, pathological conditions, such as spasticity, dystonia, denervation, central and peripheral lesions, etc., applications of sEMG in these areas are not addressed because knowledge and experience are still limited and not taught. Hopefully they will be, soon, as experience grows. Technical improvements are also needed, such as a narrating voice and better animations.

This project has triggered many discussions, even among the authors and the evaluators, concerning the need for this knowledge. Technology is causing a major and profound revolution in the traditional profession of physiotherapy. The most labor-type activities (manipulation of limbs, execution of repetitive movements) are being performed by rehabilitation robots who “sense”, monitor and correct or adapt to the performance of the patient. Without losing its medical and human character, rehabilitation medicine (and physiotherapy) is becoming more and more integrated with the well-established field of rehabilitation engineering. It will be requiring more and more intelligence, expertise and interdisciplinary training and less and less labor. Although this is happening in many other fields of medicine, the impact on physiotherapy is stronger because, despite the poor teaching offered in some countries, this is the field of medicine with the strongest interaction with physics and engineering. Despite the opinion of many students and some teachers, the physiotherapist will soon become more and more involved with programming robots, with the use of therapeutic and preventive devices, and with measuring instruments that will quantify results of interventions. Although this evolution should not replace the physiotherapists-patient interaction and the clinical evaluations, it will certainly provide a basis for separating what is useful from what is not, what should be paid by insurances or by the community and what should not. And, last but not least, sessions involving PTs and patients, tests and examinations, will become longer and more rigorous, not shorter and cheaper. Savings will result from the better quality of interventions.

The material described in this report is a small step in this direction. The authors are very grateful for the discussions and comments provided by Dr T. Sukal-Moulton (Northwestern University, USA), Prof D. Falla (University of Birmingham, UK) and Prof. R. Gatti (Humanitas University, Milano Italy). Their evaluations are included at the end of the report.

## **2.1 Selected references for further reading on the issue of technology and physiotherapy.**

H.P.French, J.Dowds, on behalf of the Dublin Academic Teaching Hospitals Physiotherapy CPD Project Group, An overview of Continuing Professional Development in physiotherapy. Physiotherapy, Vol. 94, Issue 3, September 2008, Pg: 190-197  
<https://doi.org/10.1016/j.physio.2007.09.004>

<https://www.concentra.com/resource-center/articles/three-ways-technology-has-improved-physical-therapy-treatment/>  
Three Ways Technology Has Improved Physical Therapy Treatment, By Haley Bass, 01/12/2018

<https://criticalphysio.net/2017/07/18/will-technology-make-physiotherapy-obsolete/>  
Critical physiotherapy network.

Klein CS, Li S, Hu X and Li X, Editorial: Electromyography (EMG) Techniques for the Assessment and Rehabilitation of Motor Impairment Following Stroke. *Frontiers in Neurology*. 2018, 9: Article 1122. doi: 10.3389/fneur.2018.01122

[https://www.youtube.com/watch?v=MK9AkQ2Zu\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=MK9AkQ2Zu_w) Robotics for Stroke Rehabilitation  
Karen J. Nolan | TEDxHerndon

<https://www.hocoma.com/solutions/armeio-power/> The world's first robotic arm exoskeleton for integrated arm and hand therapy for severely impaired patients.

[www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it) ->teaching material (clinical) -> teaching modules and on-line courses



Roberto Merletti PhD.  
Former Prof of Rehabilitation Engineering, Politecnico di Torino

### 3 - PIEGHEVOLE DEL PROGETTO

#### Obiettivi

La tecnologia e l'ingegneria della riabilitazione stanno attraversando un'importante rivoluzione, che influenza profondamente sia la pratica clinica, sia la formazione del fisioterapista.

Un aspetto fondamentale di tale trasformazione riguarda l'apprendimento, l'applicazione e la interpretazione dell'elettromiografia di superficie (sEMG) e della biomeccanica.

Questo progetto si pone l'obiettivo di produrre materiale didattico on-line realizzato per, e in cooperazione con, fisioterapisti e laureati in scienze motorie.

La biomeccanica e l'elettrofisiologia muscolare rappresentano due pilastri nell'ambito della riabilitazione e della prevenzione. Non ci saranno progressi in campo clinico e tecnologico senza una adeguata formazione congiunta di ingegneri e clinici.



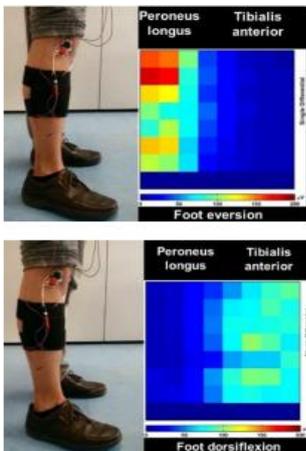
Attivazione del bicipite brachiale durante una contrazione concentrica. E' possibile notare il capo lungo e il capo breve del bicipite. Rilevazione differenziale longitudinale. Griglia di 8x8 elettrodi. Distanza interelettroica = 10 mm

#### La sfida

Tra i settori della medicina, la riabilitazione è probabilmente quello con maggiore interazione con il mondo della fisica e dell'ingegneria.

Le scienze riabilitative coinvolgono la meccanica, l'elettronica, i robot, l'ingegneria dei materiali e dell'analisi dei segnali.

Nuove professioni stanno emergendo e le vecchie stanno radicalmente cambiando sotto la spinta di moderne tecniche di elaborazione e visualizzazione dei processi neurofisiologici. Pertanto è necessaria una formazione avanzata.



Mappe di EMG di superficie associate all'eversione e alla dorsiflessione del piede. Rilevazione differenziale longitudinale. Griglia di 8x8 elettrodi. Distanza interelettroica = 10 mm

#### Partners



marco.gazzoni@polito.it  
roberto.merletti@polito.it

Società Italiana di Fisioterapia  
info@sif-fisioterapia.it  
http://www.sif-fisioterapia.it



Centre of Precision Rehabilitation for Spinal Pain  
Prof. Deborah Falla, Director and Chair in Rehabilitation Science and Physiotherapy  
University of Birmingham, UK  
d.falla@bham.ac.uk



Department of Physical Therapy and Human Movement Sciences  
Dr. Theresa Sukal-Moulton, PT, DPT, PhD  
Northwestern University Chicago, IL, USA  
theresa-moulton@northwestern.edu



Associazione Italiana Fisioterapisti  
Sezione Piemonte-Valle d'Aosta  
www.piemontevalledaosta.aifi.net  
info@aifipiemontevalledaosta.it



#### Controllo motorio ed elettromiografia di superficie: sviluppo di modelli e strumenti didattici (CoMES)

#### LISiN

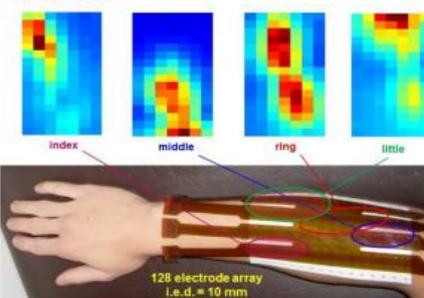
Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare  
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni  
Politecnico di Torino  
Corso Castelfidardo 42A  
10129 Torino, Italy

#### Applicazioni

Lo sviluppo di tecnologie elettromiografiche avanzate, spesso in associazione con inertial measurement unit (IMU), ha esteso le applicazioni in diversi settori: riabilitazione, terapia occupazionale, prevenzione, medicina del lavoro e dello sport e analisi patofisiologica del controllo motorio in soggetti sani e anziani.

La visualizzazione delle variabili cinematiche ed elettrofisiologiche fornisce al clinico un potente strumento per comprendere i disturbi del controllo motorio.

Una profonda comprensione della tecnologia, con le sue limitazioni, fonti di errore e potenzialità, è un requisito fondamentale per i clinici. Nei prossimi 5-10 anni l'innovazione tecnologica in riabilitazione trasformerà profondamente sia il processo valutativo, sia la pratica clinica, richiedendo competenze acquisite da operatori formati oggi.



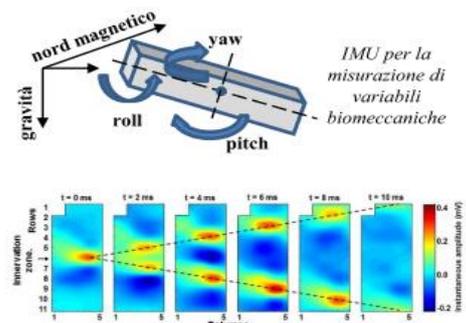
Mappe EMG di superficie associate alla estensione delle singole dita. Rilevazione differenziale longitudinale. Griglia di 16x8 elettrodi. Distanza interelettroica = 10 mm

La decomposizione del segnale sEMG nei singoli treni di potenziali di unità motorie sta aprendo nuove porte sullo studio delle strategie motorie del sistema nervoso centrale. Le caratteristiche spettrali dei segnali e la velocità di conduzione delle fibre muscolari forniscono informazioni sul sistema periferico.

Le tecniche di imaging sEMG permetteranno lo sviluppo di biofeedback e "giochi" riabilitativi per riapprendere abilità alterate. La soluzione al problema del crosstalk migliorerà il monitoraggio della coordinazione muscolare.

Questi strumenti saranno applicabili in prevenzione, riabilitazione e medicina sportiva e forniranno un approccio rigoroso per valutare l'efficacia dei trattamenti.

La formazione del personale in grado di usare tali strumenti deve iniziare il più presto possibile.



Propagazione di un potenziale di unità motoria sotto una griglia di elettrodi sul bicipite brachiale. Rilevazione doppio differenziale longitudinale. Distanza interelettroica = 8 mm

# 3 - LEAFLET OF THE PROJECT

## Objectives

Rehabilitation medicine, technology and engineering are undergoing a major revolution which will deeply affect clinical practice as well as the role and the training of physical therapists. One aspect of this revolution concerns the use, understanding, application and interpretation of biomechanical and surface electromyography (sEMG) information. This project focuses on the preparation of on-line teaching material designed for, and in cooperation with, physiotherapists and movement scientists.

Biomechanics and muscle electrophysiology are fundamental pillars of training in modern prevention and rehabilitation sciences. There will be no clinical or useful technological progress without innovation in the education of engineers and clinical operators in these fields.



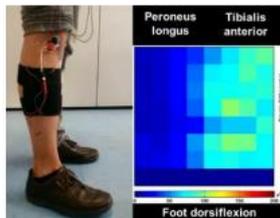
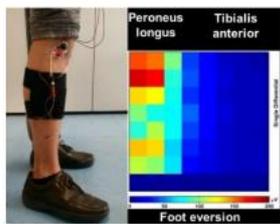
Activation of the biceps brachii during a concentric contraction. The short and long head of the biceps can be distinguished on the computer screen.

Longitudinal differential detection.  
Electrode grid of 8x8 electrodes.  
Interelectrode distance = 10mm

## The challenge

Among the branches of medicine, rehabilitation is probably the one with the strongest interaction with physics and engineering. Rehabilitation sciences involve mechanical, electronic, robotic, material and signal processing engineering.

New professions are evolving and old professions are radically changing under the pressure of novel sensing, processing and visualization techniques. New teaching approaches are required.



Surface EMG maps associated to eversion and dorsiflexion of the foot. Longitudinal differential detection. Electrode grid of 8x8 contacts. Interelectrode distance = 10mm

## Partners



Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare Politecnico di Torino



UNIVERSITY OF BIRMINGHAM

Centre of Precision Rehabilitation for Spinal Pain  
Prof. Deborah Falla, Director and Chair in Rehabilitation Science and Physiotherapy University of Birmingham, UK. d.falla@bham.ac.uk



Northwestern Medicine  
Feinberg School of Medicine

Department of Physical Therapy and Human Movement Sciences  
Theresa Sukal-Moulton, PT, DPT, PhD  
Northwestern University Chicago, IL USA  
theresa-moulton@northwestern.edu



Associazione Italiana Fisioterapisti Piemonte e Valle d'Aosta  
info@aifipiemontevalledaosta.it  
https://piemontevalledaosta.aifi.net/



## Movement control and non-invasive electromyography: development of models and web clinical teaching tools

### LISiN

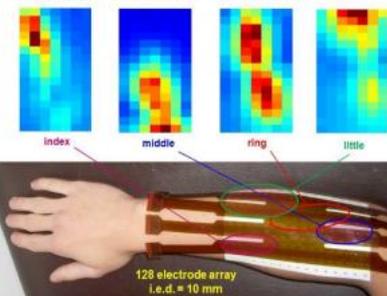
Laboratory for Engineering of the Neuromuscular System, Department of Electronics and Telecommunications, Politecnico di Torino  
Corso Castelfidardo 42A  
10129 Torino, Italy

## Applications

The development of advanced sEMG technology, often combined with inertial measurement units (IMU), has widely extended the applications in a variety of fields ranging from monitoring the effectiveness of treatment and interventions, to occupational and rehabilitation medicine, to sport and preventive medicine, to the investigation of pathophysiology of movement control in healthy or elderly subjects and patients.

Visualization of kinematics and electrophysiological variables provides clinicians with powerful tools for the understanding of movement control disorders.

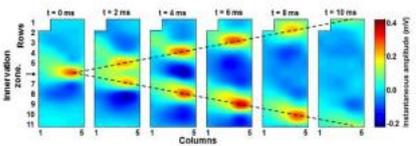
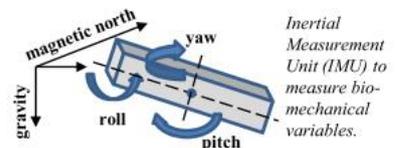
Insight into the technology, limitations, sources of errors and improper use of these tools is a fundamental requirement for rehabilitation operators. In 5-10 years, rehabilitation technology will have strongly impacted on clinical procedures and on their assessment as well as on the activities of operators that are being trained today.



Surface EMG maps associated to the extension of the individual fingers. Longitudinal differential detection. Electrode grid of 16x8 contacts. Interelectrode distance = 10mm.

Decomposition of the sEMG into the constituent motor unit action potential trains is opening up an important window on the control strategies of the CNS. The measurement of spectral features and muscle fiber conduction velocity is providing information on peripheral events.

EMG imaging will likely make available new biofeedback techniques and rehabilitation games will help in recovering lost abilities. The solution of the crosstalk problem will sharpen the monitoring of muscle coordination. These tools will be applicable in preventive, occupational and sport medicine and will provide a more rigorous approach to the assessment of effectiveness of treatments, hopefully reducing social costs or rehabilitation. The training of operators able to use these tools properly should start today.



Propagation of a motor unit action potential under an electrode grid on the biceps brachii. Longitudinal differential detection. Interelectrode distance = 8 mm.

## 4 – STATO DELL'ARTE

La attività di ricerca, di formazione degli operatori e di clinica nel settore della elettromiografia di superficie (sEMG) risale al testo fondamentale "Muscles Alive" di J. Basmajian (1962). Negli ultimi 30 anni, in seguito al rapido sviluppo della ingegneria della riabilitazione, numerosi progetti europei sono stati focalizzati su questo tema.

### 4.1 Progetti europei

I progetti riguardanti le linee guida e la formazione nell'utilizzo dell'elettromiografia di superficie (sEMG) sono numerosi. In passato sono stati fatti numerosi sforzi sulla standardizzazione e formazione nell'utilizzo del sEMG, ma tali progetti in alcuni stati europei sono stati scarsamente considerati in ambito clinico. Dati i progressi dell'ingegneria della riabilitazione risulta necessario aggiornare e promuovere la formazione tecnica dei clinici in vista della progressiva e rapida osmosi con l'ingegneria in corso in quasi tutti i Paesi Europei.

Il progetto europeo che ha prodotto linee guida nell'utilizzo del sEMG è stato: "Elettromiografia di superficie per la valutazione non invasiva dei muscoli: raccomandazioni europee per l'elettromiografia di superficie" (SENIAM, 1997-1999). Il progetto ha coinvolto cinque paesi Europei (Olanda, Italia, Germania, Svezia, Svizzera) e ha pubblicato le raccomandazioni europee in otto volumi e su un sito web ([www.seniam.org](http://www.seniam.org)).

Oggi è necessario aggiornare ed implementare tali linee guida anche in Italia, visto lo sviluppo delle tecnologie disponibili in ricerca e in clinica (per esempio high-density surface EMG e sensori inerziali, IMUs) utilizzate negli altri Paesi e colmare il "gap" culturale che ci separa da questi..

Negli ultimi 35 anni l'UE ha finanziato totalmente o in parte più di 20 progetti che trattano, in maniera diretta o indiretta, temi di analisi del movimento, sEMG e formazione continua in questi ambiti.

Inserendo la key word "electromyography" sul sito CORDIS della Ricerca Europea (<https://cordis.europa.eu/>) si ottengono 60 risultati, da cui ne sono stati estratti 12 relativi a progetti focalizzati sul tema sEMG:

- **ESTEEM:** (European standardised telematic tool to evaluate electromyographic knowledge-based systems and methods), 1998, Portogallo, € non disponibile
- **DE MUSE:** (Decomposition of multichannel surface electromyograms), 2011-2014 Italia, Politecnico di Torino, Dip. Elettronica, EU contribution: EUR 136 376
- **NEPSpiNN :** (Neuromorphic EMG Processing with Spiking Neural Networks), 2017- 2019, Università Zurigo. EU contribution: EUR 175 419
- **SENIAM:** Surface EMG for non-invasive assessment of muscles, Olanda, 1997. EU contribution: EUR 300.000 .
- Electromyography-driven musculoskeletal modelling for biomimetic myoelectric control of prostheses with variable stiffness actuators, 2018-2020 Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia, EU contribution: EUR 168 277.

- Extraction of information on muscle control during movements, 2009-2012, Univerza v Mariboru, Slovenia, EU contribution: EUR 45 000
- Myoelectric Interfacing With Sensory-Motor Integration, 2012-2016, Università di Goettingen  
EU contribution: EU 1728666.
- Knowledge-Based Assistant for Electromyography, 1984-1989, Danimarca,  
Contributo EU: non disponibile
- A Wireless, Modular, Flexible, High-Density EMG Recording System, 2017-2018, Università di Stuttgart, contributo EU: 149 994 €
- EMG-CNMD (EMG-based characterisation of oscillatory neuromuscular drives) Irlanda,2011,  
Contributo EU: non disponibile
- Wireless Body Area Networks for high density Myoelectric neurorehabilitation technologies 2017-2019 Italia, OT Bioelettronica. Contributo EU: EUR 168 277

### **PROGETTI EUROPEI DI FORMAZIONE PER CLINICI**

- **Movement analysis instructional course, (MAINCO), Ottobre 2001, Politecnico di Milano, Fond. Don Gnocchi, Milano, Italia.**  
Contributo EU: 94743 €

Contributo a Corso SIAMOC e a corsi satelliti per la partecipazione di studenti. Project ID: QLG3-CT-2000-30140 Funded under: FP5-LIFE QUALITY

Objective:

The project aims to implement an instructional course on movement analysis. Target users are young researchers, physical therapists, medical doctors (physiatrists, neuro/orthopaedicians), movement analysis laboratory responsables. It is subdivided in two modules: basic and advanced.

Topics cover: review of elementary biomechanics, electromyography, modeling; new developments in movement analysis, new rehabilitative, pharmacological/surgical approaches; interpretation of movement analysis data, clinical reports, clinical decision making; quality assurance/accreditation. Practical demonstrations complement the theoretical dissertations. It is a satellite event of joint congress of European Society of Movement Analysis in adults and Children and Italian Society of Movement Analysis in Clinics.

Corso di tre giorni progettato per medici, fisioterapisti, tecnici e ricercatori in ingegneria biomedica. 30 Docenti. Partecipanti :

Corso Introduttivo: 14 MDs, 19 PTs, 7 Ingegneri, 8 altri

Corso Master: 18 MDs, 9 PTs, 12 Ingegneri, 9 altri

Contributo europeo alla partecipazione di studenti stranieri.

- **Methodology for training European physiotherapy managers using interactive systems**, 1999, Associazione Italiana Terapisti Della Riabilitazione (A.I.T.R.). Contributo non disponibile.

The aim of the project is to provide an innovative solution to the training needs of physiotherapy managers with regard to safety matters. It will develop a continuing education programme using modern multimedia information and telecommunication technologies. The project will be targeted at physiotherapists, managers, human resource managers and training managers.

The partners will design, develop and pilot an open and distance learning system using new communication technologies to provide teaching, tutoring and learning monitoring services, together with a multimedia modular educational package to support flexible learning. The project's timetable is divided into the following project phases:

- needs analysis and design of the open and distance learning system;
- development/production of the learning system and support material;
- pilot delivery, evaluation, up-dating and dissemination.

Impact:

The project will promote Europe-wide recognition of qualification standards concerning safety in the physiotherapy sector.

## **4.2 Il Progetto SENIAM e il Progetto CoMES**

### **Progetto SENIAM**

Nel Modulo 8 del materiale COMeS sono presentati: gli autori, la struttura/temi, le finalità, i successi e i fallimenti del progetto SENIAM. L'uso e la divulgazione del materiale prodotto dal progetto SENIAM hanno avuto impatti diversi in vari Paesi Europei (e non) e anche tra le figure professionali che si occupano di clinica (medici, fisioterapisti, chinesioologi).

In Italia, in seguito al progetto SENIAM, sono state sviluppate diverse iniziative per promuovere la formazione dei clinici in sEMG, ultima delle quali il presente progetto (CoMES).

Nel 2010 è stato realizzato dal LISiN, in collaborazione con l'Università di Scienze Motorie di Torino e con l'azienda "e-mentor", un corso interattivo di Basi in biomeccanica e Elettromiografia di Superficie. Il corso è stato reso disponibile su Internet ed è stato distribuito un CD con il materiale didattico a tutte le Scuole di fisioterapia in Italia. Attualmente i file in rete non sono più utilizzabili a causa dei problemi legati al software impiegato, non più supportato dai browsers. Il CD è tuttora in gran parte utilizzabile. Il feedback ricevuto dalle Scuole di fisioterapia è stato sostanzialmente nullo in Italia (ad eccezione di rari casi: Prof Cereatti, Università di Sassari; Prof Gatti, Università Humanitas e pochi altri). Il materiale didattico è stato invece largamente apprezzato negli altri Paesi Europei.

### **Progetto CoMES**

Il progetto CoMES, a differenza di quanto fatto in passato, è realizzato in stretta collaborazione con fisioterapisti e ha tra gli obiettivi quello di essere valutato dai fisioterapisti stessi (italiani e stranieri). Le istituzioni coinvolte nella valutazione sono:

1. Center of precision rehabilitation for spinal pain, University of Birmingham, UK, Prof. D. Falla
2. Dept. of physical therapy and human movement sciences, Northwestern University, USA. Prof. T. Sukal-Moulton
3. Società italiana di fisioterapia (SIF), Italia, Prof. R. Gatti
4. Ass. italiana fisioterapisti Piemonte e Valle d'Aosta (AIFI), Italia

Tutto il materiale prodotto è scaricabile gratuitamente (al momento dal sito [www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it) liberamente accessibile) e può essere utilizzato dai docenti nei corsi di laurea e trasferito su altri siti secondo le regole della licenza Creative Commons. Inoltre, le Scuole di fisioterapia sono invitate a promuovere la divulgazione e diffusione del materiale tra i propri docenti e studenti.

Alcuni dei progetti realizzati in passato prevedevano moduli e concetti ritenuti di difficile comprensione da parte dei clinici. Il progetto attuale include due moduli con concetti di base (fisica meccanica e fenomeni elettrici), per colmare eventuali carenze scolastiche precedenti che limiterebbero la comprensione dei moduli cardine in tema sEMG.

## **5 - ELENCO DEI MODULI DIDATTICI REALIZZATI DAL PROGETTO CoMES.**

Sono stati definiti 10 moduli didattici di cui tre moduli propedeutici per stabilire una base comune di conoscenze di partenza, un modulo sui concetti fondamentali di analisi dei segnali, un modulo su richiami di neurofisiologia, due moduli sui concetti di base di elettromiografia di superficie, un modulo sui progetti europei e le raccomandazioni europee in fatto di sEMG, un modulo su modelli e simulazioni didattiche e un modulo con esempi applicativi. Il materiale NON include l'analisi e le applicazioni di segnali sEMG prelevati da pazienti, presenta esclusivamente concetti di base ed è propedeutico ad un eventuale secondo blocco di materiale inerente applicazioni in altri settori e cliniche su pazienti.

Tabella 1. Argomenti e autori dei 10 moduli

Argomenti	Autori
1. Fisica dei fenomeni meccanici elementari.	V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero
2. Elementi di biomeccanica.	V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero
3. Fisica dei fenomeni elettrici elementari rilevanti per la comprensione dell'EMG di superficie.	R. Merletti Traduzione italiana di: K. Leskaj, R. Panero
4. Elementi di analisi dei segnali bioelettrici	R. Merletti Traduzione italiana di: K. Leskaj, R. Panero
5. Elementi di neurofisiologia e meccanismi di generazione del segnale EMG di superficie.	R. Merletti Traduzione italiana di: K. Leskaj, R. Panero
6. Il prelievo del segnale EMG: modalità, criteri, errori comuni.	R. Merletti Traduzione italiana di: K. Leskaj, R. Panero
7. Parametri e variabili del segnale EMG	R. Merletti Traduzione italiana di: K. Leskaj, R. Panero

8. Le raccomandazioni europee e il loro aggiornamento	R Merletti Traduzione italiana di: K. Leskaj, R. Panero
9. Modelli matematici e simulazioni didattiche su computer di segnali EMG	Da completare
10. Esempi di registrazioni e interpretazioni di segnale EMG	V. Devecchi, K. Leskaj, R. Merletti, R. Panero

Una descrizione sintetica del contenuto di ciascun modulo è presentata da [pg. 31 a pg. 38](#)

## FINANZIAMENTI

Borsa di Studio per fisioterapista: Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare (LISiN, Politecnico di Torino, Italy, [www.lisin.polito.it](http://www.lisin.polito.it)).

Contributo a spese: Associazione Italiana Fisioterapisti (AIFI, <https://piemontevalledaosta.aifi.net/>)

## 6 - FORMAZIONE ITALIANA IN TECNOLOGIA DELLA RIABILITAZIONE NEI CORSI DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

La ingegneria e le tecnologie della riabilitazione e le loro tematiche, tra cui le tecniche di sEMG, sono oggetto di insegnamento nella Scuole di Fisioterapia e di Scienze Motorie di tutti i Paesi Europei. Al fine di valutare la situazione italiana, da cui ovviamente dipende il grado di potenziale accettazione del materiale preparato nell'ambito del Progetto CoMES, è stata condotta una indagine sui programmi didattici offerti da varie Scuole e Dipartimenti Universitari italiani su tali temi.

Dal sito <https://www.university.it/> si è risaliti ai siti ufficiali di tutte le Università italiane che offrono un corso di laurea in Fisioterapia. Per ciascun corso è stato analizzato il piano didattico e si è osservato in quanti di essi fosse presente un corso di Bioingegneria o affine (Ing. Biomedica, Tecnologie della riabilitazione).

### Risultati

Sono stati identificati 39 corsi di laurea in fisioterapia, 27 dei quali non offrono un insegnamento in Bioingegneria (o materia affine), mentre tale corso è offerto da 10 Università. Per una delle 39 identificate non è disponibile il sito e quindi non è consultabile il piano di studi.

E' stato reperito il programma dei corsi in Bioingegneria (o affini) ma in nessuno si fa riferimento esplicito alle tecniche di sEMG.

Il corso di Fisica è presente nelle 38 Università di cui è consultabile il piano didattico e i programmi hanno contenuti molto simili. In linea generale sono presenti i concetti di fisica meccanica con particolare attenzione a leve e riferimenti chinesiológicos. I programmi dei corsi di fisica spesso presentano una mole importante di argomenti, nonostante siano disponibili solo 2 crediti formativi, pertanto ne risulta improbabile una trattazione esaustiva. In linea generale si rivela una scarsa formazione di base relativa ai principi di biofisica dei fenomeni e dei segnali elettrici e, laddove presente, ci si limita al contesto della terapia strumentale. Si ritiene quindi fondamentale l'inclusione di questi principi nel corso di Fisica.

Tabella 2. Università italiane **che non hanno un corso di bioingegneria** (o affine) nell'ambito del corso di laurea in fisioterapia:

PALERMO	CATANZARO	CATTOLICA S. CUORE	TOR VERGATA
GENOVA	CHIETI	NAPOLI	SAN RAFFAELE
BARI	FERRARA	PADOVA	SIENA
BOLOGNA	FOGGIA	PARMA	TRIESTE
BRESCIA	INSUBRIA	PIEMONTE ORIENTALE	VERONA
CAGLIARI	L'AQUILA	POLITECNICA MARCHE	
CAMPANIA	MILANO BICOCCA	LA SAPIENZA	

Tabella 3. Università **che hanno un corso di bioingegneria** (o affine) nell'ambito del corso di laurea in fisioterapia:

CATANIA (ING-IND/34, bioing meccanica)	PISA	PERUGIA
FIRENZE (Analisi Strumentale Del Movimento)	SALERNO	MILANO
HUMANITAS UNIVERSITY	SASSARI	PAVIA
MODENA e REGGIO EMILIA	TORINO	
UDINE (ING-INF/06)	MESSINA	

Appare evidente come le ore di formazione dedicate alla tecnologia e alle tecniche del presente e del futuro trovano uno spazio marginale nei programmi didattici italiani. Se si vuole tenere il passo degli altri Stati europei è indispensabile uniformare i livelli di competenze e di formazione garantiti agli studenti. Inoltre, attraverso un processo di aggiornamento, verrebbe resa più semplice la comunicazione tra figure professionali differenti (clinici e ingegneri) che sempre più spesso si trovano ad interagire.

## **7 - ANALISI DELLE AZIENDE DI E-LEARNING SUL TERRITORIO PIEMONTESE**

Il Progetto CoMES prevedeva originariamente lo sviluppo di materiale didattico direttamente usufruibile dalla rete Internet e utilizzabile in modo interattivo, da realizzare in collaborazione con una azienda di e-learning.

Sono state identificate nove aziende piemontesi produttrici di materiale per e-learning. Nel corso di un primo incontro con la direzione o proprietà, ogni azienda ha segnalato notevole interesse per la tematica (di ovvia rilevanza sociale) salvo verifica della esistenza di un mercato per i prodotti didattici eventualmente sviluppati o da sviluppare in futuro. Tale verifica, svolta separatamente da ogni azienda contattata, ha dato risultato negativo. L'interesse dalle aziende è quindi decaduto. Le aziende sono:

1- <http://www.csipiemonte.it/web/it/portfolio/salute>

Consorzio per il Sistema Informativo

Corso Unione Sovietica, 216 10134 - Torino – Italy tel. +39.011.3168111

L'interesse del CSI è di realizzare servizi informatici innovativi per modernizzare le pubbliche amministrazioni, che non è nei nostri obiettivi. Non contattata

2- <http://www.studiordsrl.com/formazione>  
Via Don Caustico, 123 10095 Grugliasco (TO) Tel +39 011.7806984 Fax +39 011.0960126  
info@studiordsrl.com  
Si occupa di sicurezza sul lavoro. Non contattata.

3- <http://www.fortechance.it>  
Email info@fortechance.it  
Telefono 011 43 79 979  
Via Avellino 6, 10144, Torino  
Si occupa di sanità e di formazione continua in medicina.  
Contattata di persona.

4- <https://www.scuolacamerana.it/it/>  
Telefono: 011 38.53.475 - Fax: 011 38.61.39  
E-mail: info@scuolacamerana.it  
Scuola Camerana - Via Braccini, 17 - 10141 Torino  
Si occupa di formazione professionalizzante nell'ambito industriale.  
Contattata di persona.

5- <https://www.poloinnovazioneict.org/aziende/must-srl>  
Corso Dante 124 10126 Torino (TO) Tel +390110202252  
must.it amministrazione@must.it  
Si occupa di università, organismi di ricerca e start up innovatrici che operano sul territorio piemontese, supportandole nello sviluppo di progetti di ricerca ad alto contenuto tecnologico con forti potenzialità e ricadute sul tessuto economico locale. Contattata via e-mail

6- <http://www.sintresis.it/sito/sito/main.php?id=2>  
via Castiglia, 4 10015 Ivrea (TO) tel. +39 0125 45788 info@sintresis.it  
specializzata nella realizzazione della formazione a distanza per applicazioni professionali (ingegneri, geometri, architetti). Contattata di persona

7- <https://www.medmood.it/>  
Corso Regina Margherita 153/bis - 10122 Torino, Tel. 011 4324049 mespiemonte@gmail.com  
MedMood è la piattaforma per la formazione degli operatori sanitari della Regione Piemonte.  
Il servizio di formazione ed aggiornamento, messo a disposizione dalla Regione Piemonte per il personale del Servizio Sanitario Regionale, offre corsi di formazione, pagine di informazione e aree di lavoro, condivisione e confronto. Contattata di persona. Non ha competenze adeguate.

8- <http://www.novajo.it/site/>  
Email: info@novajo.eu  
Telefono +39 011 19116174; +39 011 0437112  
Sede operativa: Via Maria Vittoria 38, 10123 Torino (TO)  
Si occupa di comunicazione tradizionale e digitale per esaltare le competenze dei suoi soci e collaboratori nel fornire nuovi strumenti per le aziende, gli enti, i professionisti, per comunicare, fare informazione, comunità e business e per supportare l'innovazione e trasformazione digitale delle aziende e degli enti. Contattata di persona. Non ha competenze adeguate.

9- <http://www.enfap.piemonte.it/it/>  
Strada del Drosso, 49 10135 - Torino (To)  
Tel. (+39) 011.31.39.779 Fax (+39) 011.30.83.987  
enfap.to@enfap.piemonte.it

Si occupa di formazione, ricerca e innovazione in diversi settori e con le istituzioni accademiche. Contattata. Non ha competenze adeguate

Tutte le aziende contattate hanno segnalato disponibilità a sviluppare materiale didattico qualora si identificasse un mercato presso le istituzioni didattiche del settore.

## 8 - ANALISI DEI SITI DI PRODUTTORI DI APPARECCHIATURE sEMG e DI RELATIVO MATERIALE DI FORMAZIONE

Sono state eseguite due ricerche su Google utilizzando come key words: “surface EMG products” e “surface EMG equipment manufacturers”. Per ogni ricerca sono stati considerati i primi 150 risultati, dai quali sono stati identificati 17 siti di aziende produttrici contenenti materiale sul sEMG.

TAB. 4. Analisi delle aziende e del loro materiale di formazione in ambito sEMG

AZIENDA	SITO	MATERIALE DISPONIBILE
BIOMETRICSLTD	<a href="http://www.biometricsltd.com">www.biometricsltd.com</a>	File e tutorials disponibili solo per i clienti
BTSBIOENGINEERING	<a href="http://www.btsbioengineering.com">www.btsbioengineering.com</a>	File solo per i clienti. Webinars sull' uso dei sistemi sEMG
DELSYS	<a href="http://www.delsys.com">www.delsys.com</a>	File e corsi di formazione: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Follow Good Practices and Use Delsys Technology to Achieve Maximal EMG Quality (breve corso)</li> <li>• 1, Fundamental Concepts in SEMG Data Acquisition</li> <li>• 2, The Use of Surface Electromyography in Biomechanics</li> <li>• 3, Surface Electromyography: Detection and Recording</li> <li>• 4, Electromyography. Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation</li> <li>• 5, Imaging the Behavior of Motor Units by Decomposition of the EMG Signal</li> <li>• 6, A Practicum on the Use of Surface EMG Signals in Movement Sciences (v1.5)</li>   <li>• EMG Sensor Placement: note tecniche per posizionare i sensori</li> <li>• EMG Signal Quality: fattori da considerare per verificare la qualità del segnale (noise)</li> <li>• EMG Signal Analysis: principali classi di analisi EMG</li> <li>• Synchronization and Triggering</li> </ul>

		<p>Webinars:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Latest Advances in sEMG Technology</li> <li>• Exploring Human Movement Research with Wearable Sensors</li> <li>• Combining EMG and IMU to Analyze Movement</li> <li>• Measuring Muscle Performance</li> <li>• <a href="http://www.delsys.com/news/webinar/archive/demg">http://www.delsys.com/news/webinar/archive/demg</a></li> </ul>
NORAXON	<a href="http://www.noraxon.com">www.noraxon.com</a>	<p>Video inerenti i prodotti e applicazioni (sEMG e IMU)</p> <p>File sEMG PDF scaricabili dopo registrazione dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ABCs of EMG</li> <li>• Surface EMG in Physiotherapy – 5 Clinical Applications</li> <li>• Surface EMG Electrode Sites</li> <li>• Surface EMG Manual</li> <li>• Kinesiological Fine Wire EMG</li> <li>• EMG Based Evaluation &amp; Therapy Concept for Pelvic Floor Dysfunctions</li> <li>• Clinical Sequence Assessments and SEMG Feedback</li> <li>• IMU Technology Overview</li> </ul>
TMSi	<a href="http://www.tmsi.com">www.tmsi.com</a>	Download TMSi - Measuring EMG_v2.0.pdf
THOUGHT TECHNOLOGY LTD	<a href="http://www.thoughttechnology.com">www.thoughttechnology.com</a>	<p>Corsi a pagamento, webinar, file PDF:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of Surface Electromyography Applied to Physical Rehabilitation and Biomechanics</li> <li>• Basics of Surface Electromyography Applied to Psychophysiology</li> </ul>
ADINSTRUMENTS	<a href="http://www.adinstruments.com">www.adinstruments.com</a>	<p>Video e manuali di supporto:</p> <p>Data Acquisition → Basics of Data Acquisition</p>
SHIMMER	<a href="http://www.shimmersensing.com">www.shimmersensing.com</a>	Non fornisce materiale di formazione
TAHEEL TECHNOLOGY	<a href="http://www.taheeltech.com">www.taheeltech.com</a>	Non fornisce materiale di formazione
OT BIOELETTRONICA	<a href="http://www.otbioelettronica.it">www.otbioelettronica.it</a>	<p>Non fornisce materiale di formazione</p> <p>Video del OT Bioelettronica Day 2017 con interventi di: L. D. Hamilton, D. Falla, W. Z Rymer, O. Röhrle, A. Rainoldi, A. Hyngstrom, D. Farina.</p>
COMETA SRL	<a href="http://www.cometasystems.com">www.cometasystems.com</a>	Materiale fornito solo a clienti registrati
MOTION LAB SYSTEM	<a href="http://www.motion-labs.com">www.motion-labs.com</a>	File con materiale di formazione: EMG analysis and EMG user guide
MYON	<a href="http://www.myon.ch">www.myon.ch</a>	Non fornisce materiale di formazione
MYO	<a href="http://www.myo.com">www.myo.com</a>	Non fornisce materiale di formazione
TeleEMG	<a href="http://www.teleemg.com">www.teleemg.com</a>	E' disponibile un manuale PDF: EMG and Nerve Conduction manual. Video incentrati su EMG e NCV
BIOPAC Systems	<a href="http://www.biopac.com">www.biopac.com</a>	Brevi spiegazioni inerenti alcuni concetti di sEMG

L'esistenza di 16 aziende produttrici di sistemi per sEMG implica una serie di considerazioni:

Ovviamente, esiste un mercato. Tuttavia le aziende di e-learning contattate non hanno identificato un mercato italiano. Il mercato è presumibilmente solo straniero.

Alcune aziende sono citate nelle pubblicazioni scientifiche e/o i loro ricercatori hanno pubblicato articoli su riviste scientifiche. Altre non sono note ai ricercatori del settore. E' presumibile che le seconde producano dispositivi semplici e forse di scarsa qualità. Questo fatto evidenzia la necessità, da parte di potenziali acquirenti, di disporre delle competenze per distinguere e valutare prodotti di diverso livello e di diverse prestazioni forniti da produttori o venditori di diversa qualificazione.

## **9 - INCONTRI PER LA VALUTAZIONE DEL MATERIALE**

### **PRESENTAZIONE MODULI 1 E 2 - TORINO**

Il 9 giugno 2018 è stata effettuata una presentazione dei moduli didattici 1-2 presso la sede AIFI di Via Fratelli Carle 10h in Torino a cui sono stati invitati studenti del terzo anno di Fisioterapia dell'Università di Torino e neolaureati.

Programma della giornata di presentazione dei primi due moduli:

- Prof. R. Merletti: Breve presentazione del Progetto COMES. Alcune domande sulla formazione di base di meccanica e biomeccanica.
- Dott. R. Panero: Discussione interattiva sulla comprensibilità del modulo "Concetti di base di meccanica"
- Dott. V. Devecchi e Dott.ssa K. Leskaj: Discussione interattiva sulla comprensibilità del Modulo "Concetti di base di Biomeccanica".
- Discussione aperta a tutti e feedback relativa ai moduli presentati.

L'incontro aveva l'obiettivo di presentare a studenti e professionisti del settore i primi due dei dieci moduli didattici in corso di sviluppo nell'ambito del Progetto COMES.

Il contributo critico e i suggerimenti dei partecipanti erano ritenuti necessari per la realizzazione di materiale didattico in grado di ridurre sia le carenze formative del substrato culturale italiano sia le differenze formative rispetto ad altri Paesi e conseguenti all'impatto delle tecnologie in fisioterapia e in scienze motorie e della riabilitazione.

### **RISULTATI**

Hanno partecipato all'incontro quattro fisioterapisti e quattro studenti del terzo anno della Scuola di fisioterapia della Università di Torino.

È emersa la difficoltà dei partecipanti di mantenere l'attenzione per la durata di esposizione di entrambi i moduli (circa due ore). Si è optato, per incontri futuri, di presentare un modulo per volta. Non sono stati ancora organizzati altri incontri.

Maggiori feedback sono derivati dall'esposizione del primo modulo. Per ottenerli, tuttavia, è stato necessario che il Prof. Merletti ponesse domande dirette ai partecipanti.

Le conoscenze di base nell'ambito della biomeccanica sono emerse essere carenti, ragione per cui si conferma la necessità di un'introduzione di fisica meccanica e biomeccanica prima di parlare di sEMG e delle possibili applicazioni.

Il modulo 2 non ha ricevuto critiche perchè l'attenzione era calata in maniera importante. L'interesse e la partecipazione sono risultati insufficienti per giustificare altri incontri analoghi per la valutazione del materiale preparato. **La difficoltà di ottenere una valutazione da parte dei destinatari, la carenza di partecipazione e la carenza di nozioni della fisica insegnata nelle scuole medie superiori appaiono particolarmente importanti e gravi.**

Per coinvolgere maggiormente i partecipanti è necessario fare il più possibile collegamenti tra le nozioni che si vogliono impartire e l'ambito in cui sarà possibile utilizzarle, cosa non sempre possibile per le nozioni di base. Altro discorso riguarda il metodo e l'approccio in quanto si è visto come, nonostante sia possibile spronare l'uditorio a fare commenti, quando la maniera in cui si richiede una partecipazione attiva risulta troppo aggressiva le persone rispondono più con un silenzio imbarazzato che con un attivo domanda-risposta. Questo atteggiamento è diverso da quello riscontrato in corsi simili riguardanti l'analisi di ECG ed EEG. In generale è comunque difficile ottenere una valutazione di chiarezza su temi che l'uditorio non conosce. I docenti delle scuole potrebbero probabilmente fornire valutazioni basate su maggiore competenza ed esperienza.

#### **PRESENTAZIONE MODULO 1 – HUMANITAS, MILANO**

Il 4 giugno 2018 il Prof. Merletti ha incontrato il Prof. Gatti in visita al LISiN. Il 20 giugno 2018 si è tenuta la presentazione del modulo 1 all'Università Humanitas di Milano agli studenti del secondo anno di fisioterapia

Gli studenti mancano delle nozioni necessarie per poter fornire una valutazione della qualità di un materiale didattico su temi per loro del tutto nuovi. La valutazione del materiale da parte degli studenti non appare essere il canale migliore per giudicare la qualità del materiale. Come indicato sopra, i docenti delle scuole potrebbero probabilmente fornire valutazioni basate su maggiore competenza ed esperienza.

Da contatti avuti con l'Università di Aachen (Prof. C. Disselhorst-Klug, Prof. Heidi Schewe) risulta che problemi simili esistono anche in Germania dove però si insegnano (ad Aachen) 30 ore di fisica, 30 ore di biomeccanica/sEMG e 30 ore di robotica riabilitativa.

Con pochissime eccezioni, la valutazione da parte degli studenti è in generale negativa per tematiche che implicino studio e serio impegno intellettuale e che non siano direttamente e immediatamente associate al superamento di esami o allo svolgimento di una attività professionale remunerativa. Anche questo aspetto differenzia i fisioterapisti dalle figure professionali che si occupano di ECG o EEG o pacemakers o affini, la cui formazione non ha ricadute economiche nell'immediato.

#### **10 - CONGRESSI in AMBITO sEMG – ANALISI DEL MOVIMENTO E INGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE**

**SEMINARIO presso il Centro Regionale di Documentazione per la Promozione della Salute - Regione Piemonte (DORS), 26 gennaio 2018**

**“Le malattie muscolo scheletriche e il monitoraggio dell'attività muscolare mediante tecniche di elettromiografia di superficie.”**

Partecipanti: Prof R. Merletti, V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero

Il Prof. Merletti ha tenuto il seminario in data 26 gennaio 2018 congiuntamente al Dott. Angelo d'Errico che si è occupato della parte clinica di medicina occupazionale in cui le tecniche sEMG trovano applicazione.

Dai commenti successivi al seminario è emersa la necessità di affiancare la parte pratica di dimostrazione alla parte teorica spiegata dal Professore e l'importanza del comunicare durante i corsi le attuali applicazioni dell'EMG in ambito clinico.

Inoltre al termine dell'incontro, nonostante le sollecitazioni da parte del Prof Merletti, non ci sono stati commenti costruttivi da parte di medici e fisioterapisti per la realizzazione di collaborazioni future. In questa, come in altre occasioni, è emersa la scarsa conoscenza della letteratura scientifica e clinica nel settore.

## **CONVEGNO SIAMOC, giornata di incontro dei laboratori**

8 giugno, 2018; sede: Istituto Maugeri, Pavia

Partecipanti: V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero.

Obiettivi della giornata:

Fornire indicazioni basate sulla pratica e sulla letteratura su come effettuare una valutazione quantitativa della stazione eretta con pedane di forza, pedane mobili e sensori di accelerazione angolare indossabili per la misurazione di accelerazioni angolari.

Mostrare l'applicazione delle metodiche descritte nella valutazione dei soggetti sani e dei soggetti affetti da malattie neurologiche.

La visita dei laboratori ha permesso di entrare in contatto con un altro istituto di ricerca e comprendere l'elevato numero di tematiche aperte e ricerche e studi da condurre sia in soggetti sani sia in soggetti affetti da patologie muscoloscheletriche e neurologiche.

## **CONVEGNO ISEK, UNIVERSITY COLLEGE, DUBLIN, 29 GIUGNO – 2 LUGLIO 2018**

Partecipanti: V. Devecchi, Prof R. Merletti

Il convegno si è tenuto a Dublino e ha coinvolto i massimi esperti nel settore di analisi del movimento ed elettromiografia. Le tematiche sono state affrontate da un punto di vista ingegneristico e clinico; era evidente un'elevata eterogeneità tra le figure professionali coinvolte (ingegneri biomedici, fisioterapisti e chinesologi). La partecipazione ha coinvolto ricercatori e clinici da ogni paese.

Le considerazioni da fare in merito a tale esperienza sono molteplici:

Innanzitutto, la partecipazione al congresso era ugualmente distribuita tra ingegneri e clinici (circa 50% e 50%); questo nonostante alcune tematiche fossero tecniche e richiedessero un buon livello di conoscenza in ambito ingegneristico.

Il numero di ricercatori e studenti under 30 era significativo; ognuno con esperienze fatte in paesi differenti a dimostrazione di un'elevata mobilità internazionale.

Per quanto riguarda l'Italia erano presenti ingegneri biomedici e chinesologi provenienti da diversi istituti di ricerca; mentre per quanto riguarda i fisioterapisti era presente solo il Prof. Gatti e alcuni suoi collaboratori. Erano invece presenti diversi fisioterapisti italiani, **ma con affiliazione straniera**,

alcuni dei quali hanno presentato i propri studi e poster. Tale considerazione deve far riflettere in merito alla situazione attuale in Italia per quanto riguarda il settore della ricerca in fisioterapia.

Il convegno è stato anche un'occasione per promuovere l'aggiornamento delle linee guida in sEMG, a 20 anni di distanza dal progetto SENIAM. Il Prof. Paul Hodges ha proposto un progetto di consensus conference internazionale sulle tecniche sEMG:

- Sviluppare una serie di tavole (matrici) decisionali per guidare la selezione dei metodi nelle ricerche basate su sEMG.
- Sviluppare la checklist da completare per la progettazione degli studi utilizzando sEMG e per la presentazione dei risultati nelle pubblicazioni.
- Pubblicazione di una serie di tutorial su sEMG sul Journal of Electromyography and Kinesiology (JEK).

## **XIX Congresso SIAMOC 3-6 ottobre, Firenze**

Partecipanti: R. Panero

Il congresso si è tenuto a Firenze presso l'IRCCS Don Gnocchi ed erano presenti ospiti da tutta Italia con la partecipazione di James S. Thomas dall' Ohio Musculoskeletal & Neurological Institute che ha presentato alcuni suoi lavori sulla realtà virtuale.

Il congresso era diviso in sessioni:

1. Aspetti metodologici dell'analisi del movimento
2. Analisi del movimento nello sport
3. Robotica e riabilitazione
4. Analisi del movimento in clinica

In ogni giornata erano tenute due lezioni magistrali in cui venivano affrontati approfonditamente alcuni studi introducendo il tema della sessione seguente.

L'ambiente presente al SIAMOC è molto positivo per quanto riguarda l'integrazione delle conoscenze e la capacità di lavorare in team interdisciplinari. Gli studi proposti non potrebbero essere condotti senza una intensa collaborazione tra ingegneri e clinici e il confronto molto aperto e cordiale che seguiva ogni presentazione è sintomo di un ambiente in cui la critica è sempre costruttiva e volta al miglioramento del lavoro degli altri.

L'altra considerazione da fare riguarda i gruppi di ricerca che venivano tutti da istituti privati o da IRCCS segno evidente che la ricerca presso le Scuole di fisioterapia non sia un tema presente ma la volontà delle persone potrà cambiare la situazione visto l'atteggiamento positivo dei partecipanti. La SIAMOC è stata fondata 20 anni or sono proprio per raggiungere tale scopo.

## **4th International Conference on NeuroRehabilitation (ICNR 2018) – Pisa, 16-20 ottobre**

Partecipanti: Prof R. Merletti, K. Leskaj

Dagli studi presentati durante il congresso e dalla origine culturale dei partecipanti è emersa una forte disomogeneità tra lo sviluppo della robotica e dell'ingegneria della riabilitazione nei laboratori di ricerca rispetto all'applicazione clinica. Tale conclusione è stata riportata dalla maggior parte degli interlocutori come importante limite alla diffusione dell'impiego dei dispositivi in alcuni paesi, europei e non. Seppur lontana dalla pratica clinica quotidiana di alcuni paesi, la tendenza e il prospetto futuro di diversi dispositivi, protesi, esoscheletri e robot sono quelli di vederli applicati nella clinica come importante mezzo integrativo per la riabilitazione come già avviene in Germania e USA. In alcune realtà all'avanguardia, sia italiane che straniere, questo processo è già in atto: si tratta prevalentemente di centri di ricerca interni ad una struttura clinica o in stretta collaborazione con essa (ad esempio il "RONDA project" che vede in collaborazione l'Istituto di Biorobotica della Scuola Sant'Anna di Pisa con Ospedale Cisanello di Pisa).

Oltre all'esposizione tecnico-applicativa di ogni studio, diversi interlocutori hanno evidenziato l'importanza e la necessità del coinvolgimento dei clinici. È inevitabile pensare che un aggiornamento di coloro che saranno alla "guida" dei robot sia fondamentale e che essa debba avvenire tramite la formazione universitaria. Un tale coinvolgimento consente di superare quello che è emerso essere un timore del fisioterapista: essere sostituito dal robot in una parte significativa della sua attività. L'obiettivo dell'ingegneria della riabilitazione è quello di ottimizzare e integrare le conoscenze e le tradizionali vie terapeutiche per massimizzare il recupero di una disfunzione, lesione o patologia.

Eventi come il congresso in questione sono ottime occasioni di formazione, aggiornamento e scambio con ricercatori, clinici e aziende di tutto il mondo che investono in tali campi. La partecipazione da parte di fisioterapisti era estremamente ridotta paragonata a quella degli ingegneri e dei medici. Gli interlocutori con un background fisioterapico sono stati Andrea Turolla (Italia) e Nada Signal (Nuova Zelanda). Si può affermare che l'impronta generale degli studi è stata bio-ingegneristica ma che il passo successivo (auspicato anche nei tre congressi precedenti) deve riguardare i fisioterapisti e i clinici per dare la possibilità ai pazienti di usufruire delle competenze sviluppate nei laboratori di ricerca.

I pazienti e le patologie coinvolte riguardano: l'ictus e altre patologie neurologiche dove robot e realtà virtuale hanno ormai solide prove di efficacia, la sostituzione di arti (superiore o inferiore) per cui le protesi stanno diventando sempre più sofisticate e funzionali, le lesioni midollari per le quali trovano applicazione gli esoscheletri, le patologie di dolore cronico come il low back pain ed altre patologie del sistema nervoso periferico e centrale.

Aziende ospedaliere, cliniche private e pubbliche, centri di ricerca, istituzioni universitarie e clinici non possono più rimanere indifferenti a tali progressi e lo scambio tra figure professionali cliniche e ingegneristiche è fondamentale per l'evoluzione di una figura di fisioterapista con elevate competenze tecniche in grado di programmare robot e di lavorare con ingegneri della riabilitazione.

## **CONGRESSO SIF, 20 ottobre, Istituto Clinico IRCCS HUMANITAS MILANO**

### **Linee guida in fisioterapia: dalle raccomandazioni alla pratica clinica**

Partecipanti: V. Devecchi

La "Legge Gelli" affida alle linee guida cliniche un ruolo cruciale all'interno della responsabilità sanitaria, rendendole una risorsa imprescindibile ma non priva di criticità. I recenti sviluppi legislativi impongono quindi al clinico una comprensione delle linee guida non solo in termini legali ma - prima ancora - dal punto di vista della metodologia utilizzata, dell'interpretazione del loro contenuto e della loro applicabilità. Il Congresso Nazionale S.I.F. 2018 è stata l'occasione per analizzare questi aspetti

attraverso due momenti principali: le sessioni della mattina hanno affrontato tematiche metodologiche (per la stesura di linee guida), mentre il pomeriggio è stato dedicato alla presentazione di casi clinici, oggetto di discussione sull'interpretazione e l'applicazione delle linee guida cliniche patologia-specifiche.

La legge Gelli (l. 24/2017) prevede che le Linee Guida e le buone pratiche siano proposte, selezionate o elaborate da Società Scientifiche e Associazioni Tecnico Scientifiche iscritte in un apposito elenco. Il 6 novembre 2018 l'elenco è stato pubblicato e risulta che FIASF (Federazione Italiana Associazioni Scientifiche di Fisioterapia) è iscritta dal Ministero della Salute nell'Elenco delle Associazioni Tecnico Scientifiche.

Il Presidente Matteo Paci, presidente SIF e FIASF ha pertanto comunicato che la Federazione Italiana delle Associazioni Scientifiche di Fisioterapia (FIASF) – composta da SIF (Società Italiana Fisioterapia), SIFIR (Società Italiana Fisioterapia e Riabilitazione), ARIR (Associazione riabilitatori della insufficienza respiratoria) e ANIK (Associazione Nazionale Idrokinesiterapisti) – è stata iscritta nell'Elenco delle Associazioni Tecnico Scientifiche, insieme ad AIFI, in rappresentanza della professione del Fisioterapista.

## **Workshop su “INNOVAZIONE TECNOLOGICA IN PREVENZIONE E RIABILITAZIONE NEUROMUSCOLARE: COSA E COME INSEGNARE OGGI AGLI OPERATORI DI DOMANI” - 27 ottobre, Castello del Valentino, Torino**

Partecipanti: Prof Merletti, V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero

L'obiettivo della giornata era mettere in risalto il ruolo e il progresso dell'innovazione tecnologica in riabilitazione e sottolineare la necessità di aggiornamento dei corsi di laurea legati alla clinica (fisioterapia, medicina fisica e riabilitativa, scienze motorie). Sono stati presentati gli sviluppi e le applicazioni delle tecnologie destinate alla prevenzione, alla riabilitazione e allo sport insieme ad esperienze strutturate di didattica per i professionisti.

I partecipanti provenivano prevalentemente da un contesto clinico, erano presenti principalmente fisioterapisti e tecnici della neuro-psicomotricità evolutiva (TNPE).

Durante l'incontro ci sono state poche discussioni tra clinici e ricercatori; è apparso evidente come la comunicazione tra i due ambiti rimanga ancora difficoltosa e limitata, a differenza di quanto avviene in ambiti internazionali.

## **11 - FISIOTERAPIA E RICERCA IN ITALIA**

Attualmente in Italia non esiste una laurea magistrale **solamente** per fisioterapisti, è presente soltanto un corso di laurea magistrale misto per varie professioni sanitarie. A differenza della maggior parte di altri Paesi Europei non esiste in Italia un dottorato in fisioterapia.

Sul sito della SIF (<http://www.sif-fisioterapia.it>) è disponibile un documento nel quale sono elencati tutti i fisioterapisti che hanno ottenuto o stanno completando un PhD. Ad oggi i fisioterapisti con un dottorato in Italia sono 46, di cui 11 all'estero (Europa, Canada, USA, Australia); 21 lo stanno completando (5 all'estero). Le tematiche dei dottorati sono differenti, in Italia sono principalmente

neuroscienze e scienze delle attività motorie e sportive. Solo i dottorati fatti all'estero sono esclusivamente in Rehabilitation Sciences and Physiotherapy.

Il Prof Gatti, il Dr Baccini e altri hanno pubblicato gli articoli citati in calce e particolarmente rilevanti in merito alla figura del fisioterapista all'interno del mondo accademico e di ricerca in Italia. Solo due fisioterapisti in Italia sono Professori nel settore accademico "Sciences of nursing, rehabilitation and neuropsychiatric techniques" (MED/48).

Il MIUR nel 2010 ha definito gli indici che un fisioterapista deve avere per poter diventare Professore universitario: numero di pubblicazioni, numero di citazioni, H-index. Nell'articolo viene evidenziato che tali criteri sono troppi alti per la produzione scientifica dei fisioterapisti in Italia. Inoltre l'H-index richiesto (>8) è due volte superiore rispetto a quello dei fisiatri, il numero di citazioni è 5.6 volte superiore (>20) rispetto ai fisiatri e il numero di articoli pubblicati (>21) è 1.5 volte superiore.

La parte conclusiva dell'articolo è significativa: "We believe that Italian academic lobbies have decided to exclude Italian physical therapists from the academic world with the justification that the scientific level of physical therapists is not up to standard. We suspect this is because their scientific level is compared with that of researchers from a wide range of different scientific disciplines and with degrees not consistent with those of AHP sectors (Allied Health Professions)".

Vercelli S, Ravizzotti E, Paci M. Are they publishing? A descriptive cross-sectional profile and bibliometric analysis of the journal publication productivity of Italian physiotherapists. Archives of Physiotherapy. 2018 Jan 2;8:1. doi: 10.1186/s40945-017-0042-8. eCollection 2018. [Free PMC Article](#)

Gatti R, Paci M, Vercelli S, Baccini M., Has the Italian academia missed an opportunity? Phys Ther. 2014 Sep;94 (9) :1358-60. doi: 10.2522/ptj.2014.94.9.1358.

Paci M, Cigna C, Baccini M, Rinaldi LA. Types of article published in physiotherapy journals: a quantitative analysis. Physiother Res Int. 2009 Dec; 14 (4) :203-12. doi: 10.1002/pri.447.

## **12 - PRESENTAZIONE DEI MODULI DIDATTICI**

### **MODULO 1 - CONCETTI BASE DI FISICA MECCANICA**

Autori: V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero

Il Modulo 1 riprende i concetti di fisica della scuola media superiore, con particolare riferimento ai concetti di scalare e vettore, forze e loro composizione e decomposizione, momenti o coppie (viene usato il termine inglese "torque" per evitare confusione con in concetto di momento di inerzia), leve. Condizioni di equilibrio statiche e dinamiche. Concetto di inerzia e di momento di inerzia. Le conoscenze da acquisire e gli obiettivi formativi del modulo sono:

- Principali grandezze fisiche meccaniche (scalare, vettore, campo scalare e vettoriale, operazioni tra vettori)
- Sistema di riferimento (coordinate cartesiane e polari)
- Forze (intensità, direzione e verso di una forza, braccio e momento di una forza)
- Leve e carrucole (condizione di equilibrio, articolazioni come combinazione di leve e carrucole)

- Leggi di Newton (moto rettilineo uniforme e accelerato, inerzia, torque, forza di reazione al suolo)

E' stato necessario realizzare tale modulo in quanto le conoscenze di fisica elementare dei fisioterapisti in Italia non sono sempre sufficienti per comprendere concetti di biomeccanica e analisi del movimento. Questo fatto pare dovuto all'eterogeneità delle scuole superiori di provenienza. Ne risulta la necessità di una selezione di ingresso al corso di laurea in fisioterapia oppure di un solido corso di meccanica e biomeccanica integrativo che crei una base di conoscenza comune a tutti gli studenti. Deve essere chiaro, a chi si iscrive alle scuole di fisioterapia, che la fisioterapia implica almeno la conoscenza delle basi di meccanica fornite da un buon liceo scientifico.

I Partners stranieri hanno indicato che il contenuto dei Moduli 1 e 2 costituisce conoscenza necessaria e prerequisito per poter accedere ad un corso di fisioterapia (per es. in USA).

### **Fonti bibliografiche:**

- Fabbri S. Le basi della fisica. SEI, 2007
- Caforio A. Fisica. Per il Liceo scientifico. Mondadori Education, 2004
- Marazzini P. L'indagine del mondo fisico. Carlo Signorelli Editore, 2007
- Mazzoni L. Fenomeni e Fisica. Minerva Scuola, 2008
- Amaldi U. L'Amaldi per i licei scientifici. Zanichelli, 2015

## **MODULO 2 - ELEMENTI DI BASE DI BIOMECCANICA**

Autori: V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero

Nel modulo 2 si trattano i concetti di biomeccanica legati all'analisi del movimento, le condizioni di equilibrio statiche e dinamiche e i sensori impiegati nell'analisi statica, cinematica e dinamica. L'analisi delle forze agenti sui segmenti corporei è un presupposto necessario per la riabilitazione. I parametri possono essere stimati attraverso modelli o misurati da strumenti come celle di carico, torsiometri, pedane di forza e sensori inerziali (IMU). Ogni misura è affetta da errori sistematici e casuali che vengono amplificati da un uso scorretto dello strumento e che devono essere noti agli utenti. Per esempio, il disallineamento rispetto all'asse sensibile di un torsiometro causa misure errate e importanti conseguenze nelle decisioni riabilitative.

Le conoscenze da acquisire e gli obiettivi formativi del modulo sono:

- Morfologia muscolare e considerazioni legate alla sEMG (angolo di pennazione e disposizione delle fibre muscolari rispetto alla cute)
- Le forze nel movimento umano in condizione statica e dinamica. Forze di inerzia
- Sensori per la misura di forze e coppie (torsiometro, celle di carico, pedana di forza)
- Sensori per la misura del movimento (stereofotogrammetria e sistemi inerziali)
- Principali applicazioni in clinica (gait analysis, sit to stand e gesto sportivo, flessione-estensione del dorso, ecc.)

In questo modulo il tema centrale è l'analisi della biomeccanica e delle forze agenti durante condizioni statiche e dinamiche. Da come è emerso in alcuni incontri, sono spesso presenti tra i fisioterapisti dubbi e incertezze nel considerare le forze muscolari agenti su un'articolazione: prerequisito fondamentale per poter applicare esercizi in clinica. Inoltre, la conoscenza relativa alla strumentazione per l'analisi del movimento è fortemente carente e nuove tecnologie (IMU e stereofotogrammetria) sono quasi sempre sconosciute perchè non sono oggetto di insegnamento nei corsi di laurea in fisioterapia.

Fonti bibliografiche:

- Enoka R. *Neuromechanics of Human Movement*. Human Kinetics; 4<sup>th</sup> ed., 2008;
- Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. J. Wiley & Sons; 4<sup>th</sup> ed 2009
- Knudson D. *Fundamentals of Biomechanics*. Springer; 2<sup>nd</sup> ed. 2012;
- Nordin M. *Fundamentals of Biomechanics Equilibrium, Motion, and Deformation*. Springer; 4th ed. 2017;
- Hamill J. *Biomechanical Basis of Human Movement*. LWW; 4<sup>th</sup> ed., 2014;
- Neumann DA.: *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. Mosby; 2<sup>nd</sup> ed., 2009;
- Jull, Moore, Falla: *Grieve's Modern Musculoskeletal Physiotherapy*. Elsevier; 4<sup>th</sup> ed., 2015;
- McCaw S. *Biomechanics for dummies*, J. Wiley and Sons, 2014;

### **MODULO 3 - Fisica dei fenomeni elettrici elementari rilevanti per la comprensione dell'EMG di superficie.**

Autore: Prof R. Merletti

Nel modulo 3 vengono trattati i concetti di campo elettrico, tensione, corrente, resistenza e impedenza.

La comprensione delle basi biofisiche e neurofisiologiche del potenziale d'azione e delle variazioni della tensione di membrana che richiede conoscenze dei fondamentali fenomeni elettrici. Ogni potenziale d'azione genera un campo elettrico e quindi correnti elettriche nel tessuto conduttore circostante. A loro volta tali correnti generano una distribuzione di tensione elettrica sulla superficie della cute. Questa distribuzione costituisce i segnali bioelettrici (ECG, EEG, EMG, ecc).

Siamo immersi in un campo elettrico prodotto da dispositivi e conduttori elettrici; esso è un'importante fonte di interferenza per tutti i segnali bioelettrici. Per utilizzare correttamente l'elettromiografia di superficie è necessario conoscere i principi neurofisiologici e comprendere come interferenze elettriche e potenziali fonti di errore possano alterare l'interpretazione dei segnali acquisiti.

Inoltre è fondamentale conoscere il concetto di resistenza e impedenza; in particolare la resistenza elettrica del tessuto muscolare e sottocutaneo nei confronti del passaggio della corrente e l'impedenza del contatto elettrodo-cute. Mettere in relazione tali informazioni con le caratteristiche tecniche degli strumenti d'acquisizione è fondamentale sia per capire la qualità dello strumento e delle misure ottenute sia per ridurre la vulnerabilità dell'acquirente nei confronti del venditore.

Le conoscenze da acquisire e gli obiettivi formativi del modulo sono:

- Principali grandezze fisiche elettriche (tensione, campo elettrico, corrente, resistenza e impedenza)
- Conduzione elettrica nei conduttori e nelle soluzioni elettrolitiche (metalli, tessuti biologici, interfaccia elettrodo-cute)
- Dualismo tra grandezze elettriche e idrauliche
- Concetto di capacità e impedenza (capacità parassita e accoppiamenti con la linea elettrica)

- Partitore di tensione (meccanismi di generazione della interferenza di rete)
- Tensione di rete e sue armoniche (sorgenti di interferenza di rete con il segnale sEMG)
- Concetto di rumore (interfaccia elettrodo-cute)
- Tensioni cutanee di modo comune e differenziali (interferenza di rete e EMG)
- Concetto di ampiezza di un segnale deterministico o casuale (ampiezza del segnale EMG)

## **MODULO 4 - Elementi di analisi dei segnali bioelettrici**

Autore: Prof R. Merletti

Nel modulo 4 vengono presentati concetti relativi a: mono/bidimensionalità del segnale sEMG e sua evoluzione nel tempo, sviluppo in serie di Fourier, concetti di spettro, filtraggio, campionamento e conversione analogico/digitale (A/D).

Un segnale può essere espresso e descritto come somma di una “serie di armoniche” (sinusoidi). La rimozione di alcune di queste è un “filtraggio” che consente di ridurre disturbi, rumore e componenti indesiderate. Il grafico dell’ampiezza delle armoniche in funzione della loro frequenza è detto spettro del segnale e consente di valutare caratteristiche del segnale non evidenti dal suo grafico temporale. Tali concetti sono fondamentali nel caso del segnale sEMG, per esempio nella definizione di indici di fatica.

Le conoscenze da acquisire e gli obiettivi formativi del modulo sono:

- Concetto di segnale deterministico e forma d’onda (andamento di un segnale nel tempo e nello spazio)
- Concetto di segnale casuale (stocastico)
- Concetto di inviluppo di un segnale (indicatori dell’evoluzione dell’ampiezza in funzione del tempo)
- Sinusoide e sue proprietà. Sviluppo di un segnale in serie di sinusoidi (sviluppo in serie di Fourier e concetto di “spettro” di un segnale)
- Concetto di “filtraggio” di un segnale (rimozione di disturbi o componenti indesiderate)
- Concetto di campionamento di un segnale (frequenza di campionamento di un segnale, criterio di Nyquist)
- Conversione A/D di un segnale (conversione dei campioni in numeri binari)

## **MODULO 5 - Elementi di neurofisiologia e meccanismi di generazione del segnale EMG di superficie**

Autore: Prof R. Merletti

Il modulo 5 presenta i concetti neurofisiologici alla base del potenziale d’azione della singola fibra e dell’unità motoria, il concetto di EMG di superficie interferenziale mono e multicanale in relazione al riconoscimento di disturbi esterni e artefatti.

Comprendere un segnale e riconoscere i disturbi e le interferenze è un punto chiave per la corretta interpretazione e applicazione clinica di qualsiasi segnale bioelettrico.

Tutto ciò è possibile solo attraverso un’adeguata conoscenza dei meccanismi di generazione, propagazione e estinzione del potenziale d’azione dell’unità motoria, del meccanismo di controllo della forza muscolare (reclutamento e de-reclutamento, modulazione delle frequenze di scarica), della

relazione tra le variabili controllate dal SNC e la forza. Tramite l'EMG di superficie è possibile osservare e comprendere il funzionamento del sistema nervoso periferico e centrale in diverse condizioni.

Le conoscenze da acquisire e gli obiettivi formativi del modulo sono:

- Elettromiografia di base del sistema neuromuscolare (potenziale d'azione della singola fibra e dell'unità motoria)
- Campo elettrico generato nel volume conduttore e la risultante distribuzione del potenziale in superficie
- Concetti di generazione, propagazione e estinzione del potenziale d'azione di unità motoria (MUAP)
- Rappresentazione in superficie del MUAP
- EMG di superficie come somma in superficie di contributi di diversi MUAP.
- Informazioni contenute nel sEMG
- Concetto di attivazione muscolare e relazione tra sEMG e forza prodotta dai muscoli

## **MODULO 6 - Il prelievo del segnale EMG: modalità, criteri, errori comuni**

Autore: Prof R. Merletti

Nel modulo 6 vengono presentati concetti relativi a: differenti modalità di acquisizione del segnale sEMG, dimensione degli elettrodi, distanza interelettroica, posizionamento degli elettrodi rispetto all'orientamento delle fibre muscolari e alla zona d'innervazione, interfaccia elettrodo-cute e rumore.

E' fondamentale che l'operatore conosca tutte le possibili fonti di errore generate dalla strumentazione o da un suo utilizzo incompetente.

Le conoscenze da acquisire e gli obiettivi formativi del modulo sono:

- Capire l'origine del rumore e delle interferenze che disturbano il segnale sEMG.
- Capire il concetto di filtro spaziale e di acquisizioni monopolari, singolo differenziali, doppio differenziali e Laplaciane.
- Capire come mai un particolare set up è più adatto di un altro per un determinato proposito.
- Capire le informazioni che si ottengono da un paio di elettrodi, da una schiera o da una griglia.
- Capire i parametri e le limitazioni di un amplificatore di segnali.
- Apprendere e imparare a evitare gli errori comuni nelle acquisizioni sEMG e nella elaborazione analogica.

## **MODULO 7 - Parametri e variabili del segnale EMG**

Autore: Prof R. Merletti

Il modulo 7 presenta le informazioni patofisiologiche fornite dagli indicatori del segnale sEMG in clinica, nello sport e in terapia occupazionale, in prevenzione e in riabilitazione per identificare possibili sviluppi futuri. Sono riportati 10 esempi applicativi, tra i molti esistenti, di cui alcuni avanzati e indicativi degli sviluppi in corso.

In particolare sono affrontati i concetti relativi a: ampiezza di un segnale e suoi indicatori, spettro di un segnale e suoi indicatori, velocità di conduzione delle fibre muscolari e potenziali errori a cui prestare attenzione

Le conoscenze da acquisire e gli obiettivi formativi del modulo sono:

- Comprendere quali fattori fisiologici e non fisiologici condizionano l'ampiezza del sEMG
- Comprendere quali fattori fisiologici e non fisiologici condizionano lo spettro del sEMG
- Estrarre informazioni dall'EMG di superficie e associarle alla patofisiologia muscolare
- Capire quali informazioni cliniche si possano estrarre dai parametri dell'EMG di superficie

## **MODULO 8 - Le raccomandazioni europee e il loro aggiornamento**

Autore: Prof R. Merletti

Il modulo 8 presenta gli sforzi promossi nell'ambito della ricerca e della formazione finanziati da molti enti (UE, ESA, ASI, fondazioni bancarie) e sviluppati da diverse istituzioni ingegneristiche e cliniche. I risultati di questi sforzi sono fondamentali per la formazione accademica e continua nelle scienze riabilitative.

Questi sforzi si estendono su un periodo di oltre 35 anni ma il trasferimento dei risultati alla formazione clinica è stato limitato/ostacolato in molti paesi da una didattica insufficiente: sono necessari ulteriori sforzi nella ricerca traslazionale.

Il modulo 8 sottolinea la rapidità degli sviluppi tecnologici ed evidenzia come alcune raccomandazioni europee stiano diventando obsolete o non aggiornate rispetto alle recenti tecniche. Pertanto l'aggiornamento è necessario e devono essere proposti nuovi progetti volti a definire standards europei.

Questo modulo si concentra sui progetti finanziati dalla Comunità Europea.

Gli operatori clinici delle scienze riabilitative devono essere a conoscenza degli standard e delle linee guida proposti a livello internazionale per il rilevamento, l'elaborazione e l'interpretazione del sEMG.

Il progetto europeo "Elettromiografia di superficie per la valutazione non invasiva dei muscoli: raccomandazioni europee per l'elettromiografia di superficie" (SENIAM, 1997-1999) è stato il principale nel settore e ha reso disponibili otto volumi e un sito web ([www.seniam.org](http://www.seniam.org)) di grande utilità. Quasi 20 anni dopo è importante essere consapevoli degli sviluppi tecnologici che richiedono l'aggiornamento di questo materiale.

## **MODULO 9 - Modelli matematici e simulazioni didattiche su computer di segnali EMG**

Il Modulo 9 riguarda l'utilizzo di modelli matematici nella didattica e nella interpretazione dei segnali EMG. E' tuttora in fase di preparazione.

## **MODULO 10 - Esempi di registrazioni e interpretazioni di segnale sEMG**

Autori: V. Devecchi, K. Leskaj, R. Panero, R. Merletti,

La tecnologia sEMG spazia da strumenti molto semplici (simili a giocattoli) a molto sofisticati. Questi ultimi permettono di analizzare immagini del sEMG e decomporre i segnali nei costituenti treni di potenziali d'azione di unità motorie (MUAP trains).

Il data base PUBMED contiene più di 175 review papers sulle applicazioni del sEMG comprendenti diversi ambiti: fisiologia dell'esercizio fisico, analisi del movimento in riabilitazione, sport, ergonomia, controllo di arti artificiali, ostetricia e molti altri.

Questo modulo presenta esempi di applicazioni rilevanti in fisioterapia e si focalizza su alcuni muscoli (bicipite brachiale, brachioradiale, erettori spinali, quadricipite e tibiale anteriore) in diversi task. Questa conoscenza è necessaria per introdurre gli utenti alla tecnologia e alla misura, renderli consapevoli delle numerose applicazioni e dei limiti, errori, trappole e fuorvianti interpretazioni dei risultati. In breve: è necessario acquisire la conoscenza di base che, se seguita dall'esperienza, possa generare competenza. Gli esempi riportati hanno carattere didattico e rappresentano una minima parte delle applicazioni delle tecniche sEMG in riabilitazione e analisi del movimento. NON sono trattate applicazioni a condizioni patologiche.

Gli obiettivi di apprendimento del modulo sono:

1. Capire come effettuare un'acquisizione del segnale EMG di superficie, conoscere le strumentazioni disponibili e la preparazione del set up.
2. Capire quali sono i rischi da ridurre e gli errori da evitare: malposizionamento degli elettrodi, interferenza di rete e ECG, artefatti di movimento, scorretto trattamento della cute, misinterpretazione dei segnali.
3. Capire quali possono essere gli utilizzi del sEMG in ambito clinico e quali informazioni si possano estrarre da esso: interpretazione dei segnali (ricerca della zona d'innervazione), ampiezza (RMS, ARV), frequenza (MNF, MDF), velocità di conduzione (CV), distribuzione spaziale dell'attività (centroide), involuppo e timing d'attivazione. Vedere Modulo 7.
4. Mostrare alcuni esempi di acquisizione di sEMG da soggetti sani e trasferibili in clinica su pazienti.

Ogni acquisizione presentata mostra alcune informazioni ottenibili tramite HD-sEMG e che possono essere traslate in clinica. La tecnica sEMG permette di comprendere caratteristiche neurofisiologiche e possibili variazioni tra soggetti sani e tra pazienti. I limiti e le possibili interpretazioni incorrette del HD-sEMG sono molteplici. E' necessario conoscere i rischi di errore in modo da evitarli o ridurli. Tutto ciò richiede un'adeguata formazione.

Attualmente il sEMG viene utilizzato in ricerca e in clinica con finalità differenti: nel primo caso viene studiata la patofisiologia e vengono analizzate le differenze tra soggetti sani/patologici o gli effetti di un trattamento. In clinica invece, per molteplici ragioni (tempo, mancanza di personale esperto, disponibilità di strumentazione), vengono utilizzati prevalentemente strumentazioni semplici a scopo di biofeedback (non adatti ad effettuare misure) e, in rari casi, per l'analisi del movimento.

Monitorare e studiare i soggetti prima e dopo il trattamento (o anche durante) garantisce maggiore rigore, scientificità e metodo nel valutare l'efficacia delle strategie terapeutiche scelte e definire il razionale di ciò che si sta facendo.

In Italia, la scarsa formazione dei fisioterapisti in ambito elettrofisiologico ed EMG, rende complicato estendere l'impiego della tecnologia in clinica in quanto la quasi totalità dei fisioterapisti non è in grado di condurre e analizzare un'acquisizione sEMG senza l'aiuto di un ingegnere. Attualmente in altri stati europei (UK, Olanda, Danimarca) si sta cercando di rendere la figura del fisioterapista competente e autonoma nell'impiego di tali strumentazioni.

Appare evidente la necessità di strutturare in Italia un percorso formativo in grado di fornire al fisioterapista le conoscenze in tecnologia della riabilitazione (oggi assenti nei curricula didattici) che gli permettano di comunicare con gli ingegneri della riabilitazione. Oggi sono numerose le tecnologie biomediche disponibili in clinica: IMUs, HD-sEMG, robotica riabilitativa ed elastografia, solo per citarne alcuni) che il fisioterapista deve saper utilizzare e che deve saper parlare con gli ingegneri della rianilitazione

In Italia sono applicate in clinica molte metodiche e trattamenti privi di basi scientifiche che non sono mai stati valutati con studi controllati e strumentazioni che permetterebbero di documentarne l'eventuale efficacia o inutilità. Molti trattamenti sono stati spesso contestualizzati con teorie empiriche molto discutibili non basate su conoscenza della fisica e della elettrofisiologia.

L'applicazione di strumentazioni e di metodiche valutative rigorose da parte di operatori competenti e qualificati permetterebbe di comprendere il razionale delle terapie ed impiegare tempo ed energie nella direzione corretta, riducendo i costi sanitari e sociali.

Spetta ai fisioterapisti (soprattutto in ambito di ricerca) rispondere a quesiti clinici (difficili da identificare per un ingegnere) e dettare le linee guida per un progresso della pratica clinica, scartando ciò che è inutile e consolidando ciò che favorisce un miglioramento delle condizioni del paziente.

## **CONSIDERAZIONI ADDIZIONALI IN MERITO AL MODULO 10**

Nel modulo 10 sono mostrate alcune acquisizioni inerenti task e trattamenti spesso utilizzati in fisioterapia. Attualmente esistono dibattiti aperti e opinioni cliniche contrastanti relativi all'utilizzo di determinate metodiche e trattamenti.

Ad esempio in clinica ci si interroga se sia possibile rinforzare in maniera selettiva il vasto mediale rispetto al vasto laterale nel trattamento della condropatia femoro-rotulea. Alcuni autori sostengono che richiedendo contemporaneamente al soggetto un'estensione del ginocchio e un'adduzione dell'anca sia possibile attivare maggiormente il vasto mediale; questo perché il vasto mediale potrebbe essere parzialmente innervato dal nervo otturatorio (innervazione degli adduttori). Dai segnali ottenuti sembra improbabile che sia possibile attivare in maniera differente i due vasti, vista la sincronizzazione esistente tra di loro. Inoltre un altro tema spesso affrontato in clinica riguarda la scelta di esercizi a catena cinetica aperta o a catena cinetica chiusa per rinforzare il quadricipite in seguito a patologie o a chirurgia del ginocchio.

Un altro tema dibattuto riguarda la suddivisione del carico (load sharing) tra muscoli agonisti. Nell'esempio dei flessori di gomito è possibile notare come i due capi del bicipite e il brachioradiale non presentino un andamento costante dei valori di RMS, ma variano nel tempo, nonostante la coppia totale esercitata sia costante. I due capi del bicipite brachiale vengono spesso considerati come unico muscolo, mentre sarebbe necessario considerarli separatamente, così come viene fatto con gli ischiocrurali.

Ad oggi alcune evidenze mostrano come la muscolatura degli erettori spinali presenti variazioni nella distribuzione dell'attività nei soggetti sani, mentre soggetti con dolore lombare presentano una ridotta distribuzione dell'attività muscolare durante un task submassimale. Le prove eseguite forniscono alcune informazioni sullo studio dell'attività della muscolatura lombare durante un task isometrico e uno dinamico.

Infine il trattamento con dry needling mostra la presenza di MUAP correlati alla sensazione di spasmo percepita dal soggetto. Il fenomeno è stato studiato (a scopo esemplificativo) su una regione del trapezio superiore dolente alla palpazione. Le motivazioni di tale risposta muscolare non sono ben chiare e tuttora non esiste una teoria validata che spieghi la neurofisiologia del trigger point e del trattamento eseguito. Studi più approfonditi potrebbero confermare (o smentire) l'ipotesi che si tratti di eccitazione meccanica di assoni causata dall'ago.

Alla luce dei pochi esempi mostrati appare evidente come le applicazioni del sEMG e i quesiti presenti nella pratica clinica siano molteplici. Gli esempi riportati nel Modulo10 ne rappresentano solo una piccolissima parte. Inoltre, negli esempi riportati, sono stati studiati solo soggetti sani. Le potenzialità, riportate in una crescente letteratura, degli studi effettuabili mediante sEMG su soggetti con disturbi muscoloscheletrici e neurologici sono vastissime e cercano di rispondere ai quesiti e alle criticità che emergono ogni giorno in ambito clinico.

**Le applicazioni delle tecniche di sEMG nelle patologie neuromuscolari esulano dagli obiettivi di questo materiale didattico.**

### 13. CONCLUSIONI

Questo progetto fa seguito ad un progetto precedente più limitato ed è il primo in Italia di questo genere. Ha richiesto **un anno di lavoro ed è stato svolto in collaborazione con tre fisioterapisti e valutato da tre Docenti di Fisioterapia di livello internazionale**. E' stato finanziato con una borsa di studio bandita dal Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare (LISiN, Politecnico di Torino) con un contributo per spese reso disponibile dalla Associazione Italiana Fisioterapisti (AIFI). Esso riguarda l'argomento apparentemente molto limitato, ma in realtà molto vasto, relativo alle **tecniche di base di elettromiografia di superficie (sEMG) e include alcuni aspetti elementari di biomeccanica**. Ne sono escluse applicazioni importanti in ambito di prevenzione, ostetricia, medicina del lavoro, dello spazio, dello sport e tutte le applicazioni cliniche in condizioni patologiche. Esso costituisce un **primo test di modalità didattica integrativa in rete**, a cui ne potranno seguire altri se tale modalità apparirà di interesse, che si aggiunge ai numerosi libri di testo nel settore. L'intero materiale è **disponibile, utilizzabile e scaricabile gratuitamente**, sotto licenza Creative Commons (CC, <https://creativecommons.org/licenses/>) dal sito [www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it) e presto da altri siti che vorranno renderlo disponibile nel rispetto della licenza CC.

**Le conclusioni che seguono sono relative a questa esperienza torinese, si riferiscono ad essa e non sono necessariamente estrapolabili ad altre realtà italiane o straniere.**

1. Dal 1998 il Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare (LISiN, Politecnico di Torino) è uno dei centri di ricerca internazionalmente riconosciuti come leaders nel settore delle tecniche

di sEMG. Le persone che vi si sono formate e le tecniche messe a punto hanno influenzato la ricerca e la didattica di numerosi laboratori e scuole di altri paesi. Vi si sono formate 70 persone di cui 14 Dottori di Ricerca 8 dei quali lavorano all'estero. La sua esistenza, i progetti europei gestiti, le pubblicazioni e i testi internazionali prodotti dal LISiN non sono noti agli studenti di fisioterapia torinesi (e italiani in genere). Ne risulta un **gap di documentazione e informazione scientifica molto profondo** che il progetto COMES tenta, almeno in parte, di colmare.

2. La maggior parte dei **fisioterapisti sono formati come operatori sanitari professionisti, non ricercatori (la laurea è del tipo “professionalizzante”)**. La carenza di un **Laurea Specialistica specifica e la assenza di un Dottorato nel settore limita fortemente la carriera universitaria e non orienta gli studenti verso attività di ricerca o di didattica**. L'esigenza, ampiamente segnalata nel corso del progetto, è stata quella di minimizzare la formazione di base e focalizzare massimamente la didattica sulle applicazioni pratiche, utilizzabili nella attività clinica in una struttura sanitaria o in uno studio professionale. **Ovviamente, questo non è stato possibile**. In conclusione si mette in evidenza (vedi Introduzione) il fatto che **la rivoluzione tecnologica in corso prevede una figura di fisioterapista diversa da quella attuale e il passaggio della fisioterapia da mestiere/professione a scienza**, con Laurea Magistrale e Dottorato come avviene nella maggior parte degli altri paesi e come indicato nella recente pubblicazione di **Vercelli S. Ravizzotti E., Paci M., “Are they publishing? A descriptive cross-sectional profile and bibliometric analysis of the journal publication productivity of Italian physiotherapists” Archives of physiotherapy 2018, 8:1, DOI 10.1186/s40945-017-0042-8**
3. La conclusione precedente implica che **i concetti di base di matematica e fisica** (trigonometria di base e analisi matematica, fisica di base di meccanica e dei fenomeni elettrici) posseduti dagli studenti **sono largamente insufficienti per la comprensione di terapie, processi di misura, e pubblicazioni scientifiche** necessaria sia per svolgere la professione che sta cambiando, sia in vista di un percorso accademico in fisioterapia. E' consigliata sia una selezione più severa nell'ammissione alle scuole di fisioterapia, sia **una integrazione molto più attiva con il settore della ingegneria della riabilitazione** e con le attività di Rehabilitation Sciences svolte negli altri paesi.
4. La scarsità di terapisti italiani (affiliati ad istituzioni italiane) nei congressi internazionali e interdisciplinari nel settore (ISEK, ISB, ecc), nei Progetti Europei e anche nelle iniziative interdisciplinari locali è purtroppo un fatto molto negativo, correlabile a quelli elencati sopra. **Gli interessi e le motivazioni degli studenti in ambito accademico e di ricerca sono deboli e poco incoraggiate e promosse**. Si insegna un mestiere, non una professione con una base scientifica. E' necessaria una maggiore crescita delle competenze e delle conoscenze tecnologiche (in particolare in ambito biomeccanico e sEMG) parallelamente ad una migliore formazione di base, che consenta di formare una figura comparabile a quella degli altri paesi, in grado di gestire le nuove tecnologie e interagire in modo qualificato con gli esperti di scienze motorie e con gli ingegneri della riabilitazione.

*R. Merletti*

Roberto Merletti PhD. Former Prof of Rehabilitation Engineering, Politecnico di Torino

## CONCLUSIONS

Project CoMES follows a previous project on the development of teaching material and is the first of this kind in Italy. It required **a year of work in collaboration with three physiotherapists and has been evaluated by three Professors of Physiotherapy of international reputation**. It has been supported with a fellowship granted by the Laboratory of Engineering of the Neuromuscular System (LISiN, Politecnico di Torino) with a contribution, for extra costs and expenses, of the Italian Association of Physiotherapists (AIFI).

The project concerns the topic, that is apparently limited but actually very wide, of **surface electromyography with some elements of biomechanics**. Many important applications are neither included nor discussed, in particular in the fields of prevention, obstetrics, occupational medicine, sport and space medicine, and all applications dealing with pathologies.

This is a first test to evaluate the response to on-line teaching modalities. Others will follow, if interest will be evident, and will be added as a form of integration to the many textbooks in the field.

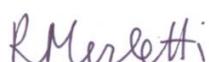
The entire material is **freely available, usable and downloadable under the Creative Commons license** (CC, <https://creativecommons.org/licenses/>) from the web site [www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it) and soon from many others, under such license.

**The conclusions that follow below are related and refer to this experience; they should not be extrapolated to other situations either in Italy or abroad.**

1. From 1998 the Laboratory of Engineering of the Neuromuscular System (LISiN, Politecnico di Torino) has been, and is, one of the leading centers in the field of sEMG. The techniques developed in this Laboratory and the people trained in it determined or influenced the teaching activities in Schools and Research centers of many other countries. Seventy people have been trained at LISiN, including 14 Doctoral fellows in biomedical engineering, eight of whom now work abroad. The very existence of LISiN, the European Projects carried out in it, the international textbooks and the many scientific publications written at LISiN are not known by the students of physiotherapy in Torino (and in Italy in general). The result is **a wide gap of scientific information and documentation**. The objective of Project CoMES was to begin to fill this gap, at least partially.
2. Most **physiotherapists are trained to be allied health operators and not researchers (the schools provide a “professional” curriculum)**. **The lack of a specific Master degree and of a Doctoral degree strongly limits the opportunities for an academic career and does not motivate students toward research and teaching**. A request, continuously pointed out during the CoMES project, was to limit the focus on basic concepts and theoretical material in favor of practical procedures immediately applicable in clinical care or professional activities. Obviously, this is neither possible nor advisable. **This issue underlines the fact, pointed out at the beginning of the Introduction, that physiotherapy must grow from a vocational trade to a science, with a MS and a PhD degree, as in most other countries, as indicated in the recent article by Vercelli S. Ravizzotti E., Paci M., “Are they publishing? A descriptive cross-**

**sectional profile and bibliometric analysis of the journal publication productivity of Italian physiotherapists” Archives of physiotherapy, 2018, 8:1, DOI 10.1186/s40945-017-0042-8**

3. The previous conclusion implies that **the basic knowledges of mathematics and physics** (trigonometry, mathematical analysis, basic concepts of physics of mechanical and electrical phenomena) available to PT students **are largely insufficient to understand therapeutic and measurement processes, as well as scientific publications in the field**. This basic knowledge is necessary not only to carry out a profession in a phase of rapid technological evolution, but also in view of near-future academic developments. **Two steps are suggested: a) a much more severe selection at the entry level, with focus on hard sciences, and 2) a much stronger interaction and osmosis with the teaching and research activities in movement and rehabilitation sciences, rehabilitation engineering and technology carried out in other departments, universities and countries.**
  
4. The extremely limited presence of Italian physiotherapists in international interdisciplinary congresses (ISEK, ISB, ICNR, etc), in European Projects, and even in local interdisciplinary initiatives is a very negative fact, correlated to those mentioned above. **Interests and motivations of students towards academic research and teaching are weak and not encouraged**. Schools are teaching a trade or a vocational activity, not preparing to a profession with a strong scientific base. Much stronger education and training are necessary in the fields of technology, signal understanding, data processing and interpretation (in particular, but not only, in the fields of biomechanics and sEMG). This education must be associated to, and based on, a more solid background in basic sciences, which is a requirement for generating professional figures and experts that are a) comparable to those available in other countries, and b) able to interact with movements scientists and rehabilitation engineers.



Roberto Merletti PhD.

Former Prof of Rehabilitation Engineering, Politecnico di Torino

## 14. Principali testi e bibliografia di riferimento (enciclopedie, siti web, review papers)

### 14.1 Libri di testo e capitoli di libri

1. Basmajian J.V. (editor) *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography*, Williams & Wilkins, 1<sup>st</sup> edition 1962.  
Basmajian J.V., De Luca C.J. (eds), *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography*, Williams & Wilkins, 5<sup>th</sup> edition 1985
2. Kamen G.S., Cram J.R., Wolf S.L., Barton L. (eds) *Clinical Applications in Surface Electromyography: Chronic Musculoskeletal Pain*, Aspen Pub; 1 edition , November 1997
3. Cram J.R., Kasman G.S., Holtz H. (eds) *Introduction to Surface Electromyography*, Aspen Pub; 1st edition January 1998
4. Hermens H., Freriks B, Merletti R., Stegeman D., Blok J., Rau G., Disselhorst-Klug C., Hagg G., *European Recommendations for Surface Electromyography*, RRD publish. ISBN 90-75452-15-2, 1999. ([www.seniam.org](http://www.seniam.org))
5. Hermens H., Freriks B, Merletti R., Stegeman D., Blok J., Rau G., Disselhorst-Klug C., Hagg G., *Raccomandazioni Europee per l'Elettromiografia di Superficie*, Edizione italiana a cura di R. Merletti, Coop. Lib. Univ. Torinese (CLUT), ISBN 88-7992-1525, 2000 (presso LISiN)
6. Merletti (editor) , *Elementi di elettromiografia di superficie*, Coop. Lib. Univ. Torinese (CLUT), ISBN 88-7922-153-3, 2000 (presso LISiN)
7. Pozzo M., Farina D., Merletti R., *Electromyography: detection, processing and applications*, in: *Handbook of biomedical technology and devices*, J. E. Moore (ed.), CRC Press, 2003
8. Farina D., Filligoi G.C., Merletti R., *Analisi di segnali EMG di superficie per lo studio del controllo motorio*. In "Bioingegneria della postura e del movimento" Cappello A., Cappelozzo A., di Prampero P.E. (Eds.), Patron Editore (Pub.), pp. 281-306, 2003
9. Merletti R., *Medicina del lavoro: valutazioni tramite EMG di superficie*. In "Bioingegneria della postura e del movimento" Cappello A., Cappelozzo A., di Prampero P.E. (Eds.), Patron Editore (Pub.), pp. 495-510, 2003
10. Merletti R., Marchetti M., Contardo V., Veronica M., *Applicazioni dell'EMG di superficie in riabilitazione sportiva*, cap. 4.7 del testo "La Spalla e lo Sport", Masson, 2005
11. Merletti R., Parker P.A. (eds.), *Electromyography: Physiology, engineering and non invasive applications*, IEEE Press / J Wiley, USA, 2004
12. Rainoldi A., Minetto M.A., Merletti R. (edits) *Biomedical engineering in exercise and sport*, Minerva Medica Torino, 2006

13. Criswell E. (editor) *Cram's Introduction to Surface Electromyography*, 2nd Edition Jones & Bartlett Learning, 2010
14. Kamen G.S., Gabriel D.A. (eds) *Essentials of Electromyography*. Human Kinetics, 2010
15. Barbero M., Rainoldi A, Merletti R. *Atlas of muscle innervation zones: understanding surface EMG and its applications*, Springer, Italy 2012
16. Pons J.L., Torricelli D., Pajaro M. (eds) *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation (Biosystems & Biorobotics)*, Springer 2013
17. Farina D., Jensen W., Akay M. (eds) *Introduction to Neural Engineering for Motor Rehabilitation (IEEE Press Series on Biomedical Engineering Book 40)* Wiley-IEEE Press; 1<sup>st</sup> edition, 2013
18. Pons J.L., Torricelli D. (eds), *Emerging Therapies in Neurorehabilitation (Biosystems & Biorobotics)*, Springer; 2014 edition
19. Merletti R, Farina D. (eds) *Surface Electromyography: physiology, engineering and applications*, IEEE Press / J Wiley, USA, May 2016
20. Merletti R., *Pelvic floor EMG: principles, technique and applications*, Ch 7 of “Childbirth related pelvic floor dysfunctions”, Springer 2016.
21. Mitchell D. (editor) *Surface Electromyography: Fundamentals, Computational Techniques & Clinical Applications*, Nova Science Publishers Inc, December 2016
22. González-Vargas J., Ibáñez J., Contreras-Vidal J.L., van der Kooij H., Pons J.L. (eds) *Wearable Robotics: Challenges and Trends: Proceedings of the 2nd International Symposium on Wearable Robotics, WeRob2016, October 18-21, 2016, Segovia, Spain (Biosystems & Biorobotics Book 16)* Springer 1st ed. 2017

## 14.2 Principali articoli (la lista è largamente incompleta)

1. Maganaris CN. Predictability of in vivo changes in pennation angle of human tibialis anterior muscle from rest to maximum isometric dorsiflexion. *Eur J Appl Physiol* (1999) 79: 294-297
2. Farina D, Fortunato E, Merletti R. Noninvasive Estimation of Motor Unit Conduction Velocity Distribution Using Linear Electrode Arrays. *IEEE Trans on BME*. 2000;47(3):380–388.
3. Merletti R, Farina D, Gazzoni M. The linear electrode array : a useful tool with many applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 13 (2003) 37–47  
  
N. A. Dimitrova and G. V. Dimitrov, Interpretation of EMG changes with fatigue: facts, pitfalls, and fallacies, *J of Electrom. and Kinesiol.* 2003, **13**, 13-36,
4. Farina D, Gazzoni M, Merletti R. Assessment of low back muscle fatigue by surface EMG signal analysis : methodological aspects. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 13 (2003) 319–332
5. Farina D, Merletti R. The extraction of neural strategies from the surface EMG. *J Appl*

Physiol 2004;96(4):1486–95.

6. Campanini I, Merlo A, Degola P, Merletti R, Vezzosi G, Farina D. Effect of electrode location on EMG signal envelope in leg muscles during gait. *J. of Electromyography and Kinesiology* 17 (2007) 515–526
7. Cescon C, Rebecchi P, Merletti R. Effect of electrode array position and subcutaneous tissue thickness on conduction velocity estimation in upper trapezius muscle. *J. of Electromyog. and Kinesiology*, 18 (2008) 628–636
8. Farina D, Merletti R. Analysis of motor units with high-density surface electromyography. *J. of Electromyography and Kinesiology* 18 (2008) 879–890
9. Holobar A, Farina D, Gazzoni M, Merletti R, Zazula D. Clinical Neurophysiology Estimating motor unit discharge patterns from high-density surface electromyogram. *Clin Neurophysiol* 2009;120(3):551–62.
10. Tucker K, Falla D, Graven-Nielsen T, Farina D. Electromyographic mapping of the erector spinae muscle with varying load and during sustained contraction. *J. Electromyogr Kinesiol* 2009;19(3):373–9
11. Farina D, Holobar A, Merletti R, Enoka RM. Clinical Neurophysiology: Decoding the neural drive to muscles from the surface electromyogram. *Clin Neurophysiol*.2010;121, 1616–23.
12. Merlo A, Campanini I. Technical Aspects of Surface Electromyography for Clinicians. *The Open Rehabilitation Journal*, 2010, 3, 98-109
13. Merletti R, Avenaggiato M, Botter A, Holobar A, Marateb HR, Vieira TMM. Advances in surface EMG: recent progress in detection and processing techniques. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 2010;38:305-345.
14. Merletti R, Botter A, Cescon C, Minetto MA, Vieira TMM. Advances in surface EMG: recent progress in clinical research applications. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 2010;38:347-379.14.
15. Piccoli MB, Rainoldi A, Heitz C. Innervation zone locations in 43 superficial muscles: toward a standardization of electrode positioning. *Muscle and Nerve*, 2014;(March):413–21.
16. Farina D, Merletti R, Enoka RM, Farina D, Merletti R, Enoka RM. The extraction of neural strategies from the surface EMG : an update The extraction of neural strategies from the surface EMG : an update. *J Appl Physiol* 2014;(October):1215–30.
17. Falla D, Gizzi L, Tschapek M, Erlenwein J, Petzke F. Reduced task-induced variations in the distribution of activity across back muscle regions in individuals with low back pain. *Pain* 2014;155(5):944–53.
18. Piervirgili G. et al. A new method to assess skin treatments for lowering the impedance and noise of individual gelled Ag – AgCl electrodes. *Physiol. Meas.* 35 (2014) 2101–2118
19. Vieira TM, Bisi MC, Stagni R, Botter A. Changes in tibialis anterior architecture affect the amplitude of surface electromyograms. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (2017) 14:81
20. Vigotsky AD, Halperin I, Lehman GJ, Trajano GS, Vieira TM. Interpreting Signal Amplitudes in Surface Electromyography Studies in Sport and Rehabilitation Sciences. *Frontiers in Physiol.* 2018 Jan 4, 8:985

### 14.3 Siti e URL di particolare rilevanza e voci enciclopediche inerenti il sEMG

I siti e gli URL relativi a “surface EMG” o “non-invasive EMG” sono decine di migliaia e la lista che segue e’ necessariamente incompleta. Sono citati principalmente i siti di tipo enciclopedico relativi alla **Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering**, alla **Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering** e alla **Elsevier Encyclopedia on Biomed Engineering**.

L’URL:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=EMG%2C%20Wiley&startPage=0&pageSize=20>

fornisce l’abstract di Oltre 6000 voci enciclopediche, articoli e testi pubblicati da J Wiley.

L’URL:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780471740360> e l’url:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=surface+electromyography&ContentGroupKey=10.1002%2F9780471740360>

forniscono le 27 voci della **Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering** relative a sEMG. Alcune sono elencate nel seguito.

L’URL:

[https://scholar.google.it/scholar?hl=it&as\\_sdt=1%2C5&as\\_vis=1&q=Elsevier+Encyclopedia+on+Biomed+Engineering%2C+surface+EMG&btnG=](https://scholar.google.it/scholar?hl=it&as_sdt=1%2C5&as_vis=1&q=Elsevier+Encyclopedia+on+Biomed+Engineering%2C+surface+EMG&btnG=)

e altri citati sopra, elencano:

#### **Myoelectric Signal Processing**

Evelyn Morin, Queen’s University, Kingston, Canada

Wiley Encyclopedia of Biomedical engineering, <https://doi.org/10.1002/9780471740360.ebs1422>

#### **The History and Practice of Biofeedback**

Paul Enck, Sibylle Klosterhalfen, Roberto Merletti

<http://mrw.interscience.wiley.com/emrw/9780471740360/home/>

#### **Electromyography (EMG) of Pelvic Floor Muscles**

Roberto Merletti, Paul Enck

<http://mrw.interscience.wiley.com/emrw/9780471740360/home/>

#### **Electromyography (EMG), Surface**

Roberto Merletti, Paolo Bonalo

<http://mrw.interscience.wiley.com/emrw/9780471740360/home/>

#### **Electromyography (EMG), Electrodes and Equipment for**

Marco Pozzo, Karolinska Institutet Stockholm, Sweden

<http://mrw.interscience.wiley.com/emrw/9780471740360/home/>

#### **Electromyography (EMG) Modeling**

Nonna .A. Dimitrova, George V. Dimitrov

Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006

**Surface Electromyography (EMG) Signal Processing**

Dario Farina

Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006

**Neuromuscular Coordination in Gait, EMG Analysis of**

Antonio Pedotti, Carlo Frigo

Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006

**Electromyography (EMG) of Pelvic Floor Muscles**

Roberto Merletti, Paul Enck

Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006

**Myoelectric Manifestations of Muscle Fatigue**

R. Merletti, D. Farina

Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006

**Muscle Fiber Conduction Velocity**

Rebecca Beck

Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006

**Motor Unit**

Roger M. Enoka

Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006

**Electromyographic (EMG) Decomposition**

Hamid Reza Marateb, Kevin C. McGill

Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, 2016

**Surface Electromyography (sEMG)**

Roberto Merletti, Dario Farina, Ales Holobar

Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering , 2018

**Mathematical Techniques for non-invasive muscle signal analysis and interpretation**

Roberto Merletti, Ales Holobar, Dario Farina,

Elsevier Encyclopedia on Biomed Engineering, 2018

**Gli autori saranno grati a chi vorra' segnalare altre fonti e altri siti affidabili.**

#### 14.4 Principali Review papers su “SURFACE ELECTROMYOGRAPHY and REHABILITATION”

1. Pfeufer D, Gililand J, Böcker W et al. Training with biofeedback devices improves clinical outcome compared to usual care in patients with unilateral TKA: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018
2. Overton M, Du Plessis H, Sole G. Electromyography of neck and shoulder muscles in instrumental musicians with musculoskeletal pain compared to asymptomatic controls: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskelet Sci Pract.* 2018 Aug;36:32-42
3. Vigotsky AD, Halperin I, Lehman GJ, Trajano GS, Vieira TM. Interpreting Signal Amplitudes in Surface Electromyography Studies in Sport and Rehabilitation Sciences. *Front Physiol.* 2018 Jan 4, 8:985
4. Russo M, Deckers K, Eldabe S et al. Muscle Control and Non-specific Chronic Low Back Pain. *Neuromodulation.* 2018 Jan;21(1):1-9
5. de Oliveira FCL, Bouyer LJ, Ager AL, Roy JS. Electromyographic analysis of rotator cuff muscles in patients with rotator cuff tendinopathy: A systematic review. *J Electromyogr Kinesiol.* 2017 Aug;35:100-114.
6. Edwards PK, Ebert JR, Littlewood C. A Systematic Review of Electromyography Studies in Normal Shoulders to Inform Postoperative Rehabilitation Following Rotator Cuff Repair. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017 Dec;47(12):931-944
7. Kahn MB, Mentiplay BF, Clark RA et al. Methods of assessing associated reactions of the upper limb in stroke and traumatic brain injury: A systematic review. *Brain Injury.* 2016; 30(3):252-66
8. M. Cifrek, V. Medved, S. Tonković, and S. Ostojić, Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics: a review, *Clinical Biomechanics* **24**, 327-340 , 2009.
9. Castelein B, Cools A, Bostyn E et al. Analysis of scapular muscle EMG activity in patients with idiopathic neck pain: a systematic review. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015 Apr;25(2): 371-86
10. Struyf F, Cagnie B, Cools A et al. Scapulothoracic muscle activity and recruitment timing in patients with shoulder impingement symptoms and glenohumeral instability. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014 Apr;24(2):277-84
11. Rosa MC, Marques A, Demain S et al. Methodologies to assess muscle co-contraction during gait in people with neurological impairment - a systematic literature review. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014 Apr;24(2):179-91
12. Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2013 Jun 18;10:60
13. Ushiba J, Soekadar SR. Brain-machine interfaces for rehabilitation of poststroke hemiplegia. *Prog Brain Res.* 2016;228:163-83
14. Neblett R. Surface Electromyographic (SEMG) Biofeedback for Chronic Low Back Pain. *Healthcare (Basel).* 2016 May 17;4(2)

15. Santello M, Bianchi M, Gabiccini M et al. Hand synergies: Integration of robotics and neuroscience for understanding the control of biological and artificial hands. *Phys Life Rev.* 2016 Jul;17:1-23
16. Farina D, Negro F. Accessing the neural drive to muscle and translation to neuro-rehabilitation technologies. *IEEE Rev Biomed Eng.* 2012;5:3-14
17. Lepley AS, Gribble PA, Pietrosimone BG. Effects of electromyographic biofeedback on quadriceps strength: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 2012 Mar;26(3):873-82
18. Casale R, Rainoldi A. Fatigue and fibromyalgia syndrome: clinical and neurophysiologic pattern. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2011 Apr;25(2):241-7
19. Logan LR. Rehabilitation techniques to maximize spasticity management. *Top Stroke Rehabil.* 2011 May-Jun;18(3):203-11
20. Pereira LM, Obara K, Dias JM et al. Facial exercise therapy for facial palsy: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2011 Jul;25(7):649-58
21. Jiang N, Falla D, d'Avella A et al. Myoelectric control in neurorehabilitation *Crit Rev Biomed Eng.* 2010;38(4):381-91
22. Merletti R, Aventaggiato M, Botter A, Holobar A, Marateb HR, Vieira TMM. Advances in surface EMG: recent progress in detection and processing techniques. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 2010;38:305-345.
23. Merletti R, Botter A, Cescon C, Minetto MA, Vieira TMM. Advances in surface EMG: recent progress in clinical research applications. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 2010;38:347-379.
24. Chester R, Smith TO, Hooper L. The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: a systematic review of electromyographic studies. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010 Mar 9;11:45
25. Garland SJ, Gray VL, Knorr S. Muscle activation patterns and postural control following stroke. *Motor Control.* 2009 Oct;13(4):387-411
26. Reinold MM, Escamilla RF, Wilk KE. Current concepts in the scientific and clinical rationale behind exercises for glenohumeral and scapulothoracic musculature. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009 Feb;39(2):105-17
27. Woodford H, Price C. EMG biofeedback for the recovery of motor function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007 Apr 18;(2).
28. G. Drost , D. Stegeman , B.G. van Engelen and M. J. Zwarts, [Clinical applications of high-density surface EMG: a systematic review](#) . Review article. *J. of Electromyog. and Kinesiol.* **16**: 586-602, 2006.
29. van Dijk H, Jannink MJ, Hermens HJ. Effect of augmented feedback on motor function of the affected upper extremity in rehabilitation patients: a systematic review of randomized controlled trials. *J Rehabil Med.* 2005 Jul;37(4):202-11
30. Zwarts MJ, Stegeman DF. Multichannel surface EMG: basic aspects and clinical utility. *Muscle Nerve.* 2003 Jul;28(1):1-17

31. Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Phys Ther.* 2000 May;80(5):485-98
32. Stegeman DF, Zwarts MJ, Anders C, Hashimoto T. Multi-channel surface EMG in clinical neurophysiology. *Suppl Clin Neurophysiol.* 2000;53:155-62
33. C.J. De Luca, The use of surface electromyography in biomechanics, *J. Applied Biomech*, **13**, 135-163 , 1997.
34. Jvan Dijk H, annink MJ, Hermens HJ. Electromyographic analysis of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1993 Mar;(288):35-9
35. Wolf SL. Use of biofeedback in the treatment of stroke patients. *Stroke.* 1990 Sep;21
36. van Dijk H, Jannink MJ, Hermens HJ. Electromyographic analysis of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1993 Mar;(288):35-9
37. Wolf SL. Use of biofeedback in the treatment of stroke patients. *Stroke.* 1990 Sep;21
38. Basmajian JV. Research foundations of EMG biofeedback in rehabilitation. *Biofeedback Self Regul.* 1988 Dec;13(4):275-98
39. De Luca C. J., Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans, *Crit Rev Biomed Eng* **11**, 251-279 , 1984.
40. Basmajian JV. Biofeedback in rehabilitation: a review of principles and practices. *Arch Phys Med Rehabil.* 1981 Oct;62(10):469-75

## **15. Commenti dei valutatori sul lavoro svolto**

### **Deborah Falla, PT, PhD**

Chair in Rehabilitation Science and Physiotherapy  
Director, Centre of Precision Rehabilitation for Spinal Pain (CPR Spine)  
School of Sport, Exercise and Rehabilitation Sciences, College of Life and Environmental Sciences  
University of Birmingham, UK  
[www.birmingham.ac.uk/cpr-spine](http://www.birmingham.ac.uk/cpr-spine)

Although it is generally recognized that Physical and Rehabilitation Medicine and Physiotherapy are the branches of life sciences with the strongest interaction with physics and biomedical engineering, a wide gap remains between what is known and available from the research arena and what is taught in education programs and used in clinical practice.

Project CoMES made a remarkable effort to reduce this gap by generating a significant amount of on-line teaching material. The second half of the material is particularly oriented to teachers and to the students who wish to pursue teaching and research activities in their future. The material, which is arranged in 10 modules, has been prepared by three physiotherapists and by Prof. R. Merletti. This material commences with basic principles in physics (Modules 1, 2 and 3), introduces the basic concepts of biomedical signal processing and their applications to neuromuscular physiology (Modules 4 and 5) and describes the physiological meaning, the features and the clinical applications of surface electromyography (EMG) (Modules 6-10). This material is free to use and is intended to be made available in physiotherapy undergraduate and postgraduate programs for use by teachers and students.

The user of the 10 Modules is guided from the most elementary concepts of force and torque, velocity and acceleration, electric voltage, current and impedance, to the more sophisticated concepts of spectral analysis, myoelectric manifestations of fatigue, two-dimensional surface EMG amplitude maps and their interpretation. It is not expected that every physiotherapist is familiar with the technique of EMG, however, the number of physiotherapists working in clinical research laboratories, where this background is relevant, is rapidly increasing and is likely to be much more widespread in the coming years. In view of these developments, it is important to provide every student with some background on this topic.

The most important message of this work is related to the notion of measurement in rehabilitation and the concept that surface EMG is to physiotherapy what ECG is to cardiology: that is, a tool for measuring progress and changes due to an intervention or associated to some condition. Physiotherapists must take part in the development of the many tools of their trade and this is a relevant example. Hopefully, the same approach will soon be applied to other techniques.

It is interesting to note that the content of the Final Report is not just a summary of the teaching material that is the main “product” of the Project. The report (only some parts are bilingual) is addressing the training of physiotherapists in Italy, the educational material provided by manufacturers, the main books and websites, the main review papers in the field and the encyclopedia items dealing with EMG. Finally, as indicated in the report, it is important that physiotherapists attend international interdisciplinary congresses and workshops since their role in rehabilitation engineering and technology should be greater than it is today.

Project CoMES is a significant contribution in this direction which hopefully marks the start of further efforts along the same line.

## **Theresa Sukal-Moulton, PT, DPT, PhD**

Northwestern University Feinberg School of Medicine

Departments of Physical Therapy and Human Movement Sciences, and Pediatrics

It has been a pleasure to serve in an advisory role for the Project CoMES. The task that was undertaken was extensive in the range of topics that are covered within 10 online modules. The end result is both comprehensive and understandable. The concepts are presented in a logical order and build upon one another from basic physics through application.

Although generally relevant to the profession of physical therapy, in personal experience these modules are relevant to my students in Northwestern University Doctor of Physical Therapy (DPT) program. Our DPT students get aspects of this information in different courses (for example, mechanics in kinesiology), but do not have the opportunity in school to apply surface electromyography (sEMG) to clinical or research situations. There is some exposure to scientific articles that utilize sEMG to form scientific conclusions, but unfortunately, the focus is far more on conclusions than critical evaluation of how those conclusions were reached. For the goal of passing the boards, focusing on the conclusions may be efficient – but our students also have the capacity and potential to extend far beyond this. These online modules are a great fit to build competency in sEMG in a systematic and approachable way. A particular strength of the modules is the opportunity to build common language and begin to filter out inappropriate usages of techniques and terms within this arena. PTs can build on this common language and knowledge of techniques to learn ways to evaluate and treat their patients with motor control challenges using sEMG in a reliable and consistent way.

The second step where voice over, exercises to confirm understanding, and self-assessment will be a positive addition to what is currently there. Some of the content is very detailed and many slides have a lot of information on them – so even for the most visual learners having a narration to help guide your eye and thinking about the material presented on the slides will improve comprehension, and therefore, application of these principles.

It's an exciting time for physical therapy, and these modules are a source of reputable continuing education in an accessible technology that stands to improve clinical care moving forward. It will be interesting to see the research questions that are answered using this training.

## **Roberto Gatti, PT, MSc**

School of Physiotherapy, Humanitas University, Milano, Italy

Physiotherapy Unit, Humanitas Hospital, Milano, Italy

It is a pleasure to comment on the work of Prof. Roberto Merletti et al., relating to the Project CoMES. The ten online modules deal with those elements of mechanical and electronic physics necessary to introduce a student of physiotherapy to the world of instrumental analysis of movement, especially related to surface electromyography, thus somewhat reducing the gap between technological advances and clinical education.

Considering the experience of Prof. Merletti it is of no surprise that the material is presented in a logical order beginning with basic physics and concluding with instrumental applications.

I hope that the material created by Prof Merletti and his collaborators can be integrated into lectures given by teachers in kinesiology, biomechanics, electrophysiology, etc. in academic physiotherapy programs.

In my teachings of kinesiology (first year students) and kinesiology applied into clinical practice (second year students), I decided to integrate the contents of my teaching with some materials proposed by Project CoMES. For example, the module on *Basic biomechanics* is particularly rich of excellent iconography, and the module *Features and properties of the surface EMG signal* didactically presents concepts that are not simple to grasp.

However, to my mind, an important value of this work is the contribution it makes to help change the belief that physiotherapy can grow without taking into consideration technological progress. A mentality still held by many physiotherapists, especially in Italy.

This tendency may be due to two reasons. The first concerns a typical mindset (common in Italy) which promotes the corporative defence of a position more than collaboration among professionals, where the spread of technologies in clinical practice needs close collaboration among physicians, physiotherapists and rehabilitation engineers, still far from the common mindset.

The second reason is probably the most important and concerns a typical Italian issue: only a few Italian physiotherapy schools offer education in this field. One of the reason is that the management is often made up of teachers who have no specific competences and are not tuned with the scientific progresses in the physiotherapy field.

However, things are changing, the need for modern physiotherapy education is a need of contemporary society and the importance of an inter-professional approach to clinical practice is being recognized. In this direction, the material produced by Project CoMES may contribute to tuning physiotherapy education to the contents emerging from rehabilitation engineering.

## 16. Curriculum Vitae degli autori

**Roberto Merletti (e-mail: [roberto.merletti@polito.it](mailto:roberto.merletti@polito.it), url: [www.robertomerletti.it](http://www.robertomerletti.it))  
Già Prof. Ord. di Ingegneria della Riabilitazione, Dip. di Elettronica e Telecomunicazioni,  
Politecnico di Torino.**

Il Prof. Roberto Merletti si è laureato in Ingegneria Elettronica al Politecnico di Torino e ha ottenuto il Master of Science e il Dottorato in Bioingegneria presso The Ohio State University in USA. Ha lavorato per cinque anni nell'industria (Sorin Biomedica). Dal 1989 al 1994 è stato Professore Associato presso la Boston University e Ricercatore presso il NeuroMuscular Research Center della stessa Università. Nel 1997 ha fondato, presso il Politecnico di Torino, il Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare (LISiN) che ha diretto fino al 2015. Presso il LISiN si sono formate 70 persone, tra cui 14 Dottori di Ricerca, di varie nazionalità, oggi attivi in oltre 8 Paesi. La sua attività presso il LISiN ha riguardato la prevenzione delle patologie da parto, delle patologie occupazionali e dei musicisti, la prevenzione del deterioramento neuromuscolare negli astronauti, la formazione tecnica dei fisioterapisti e dei chinesiologi, l'organizzazione di corsi e seminari nel settore.

Il Prof Merletti ha promosso e insegnato presso il Politecnico di Torino i corsi di Ingegneria della Riabilitazione e di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare. Ha partecipato come partner o coordinatore a sei Progetti Europei, due Progetti ESA un Progetto ASI e tre progetti con finanziamenti locali. Ha pubblicato oltre 150 lavori su riviste internazionali ed è autore o co-autore di quattro libri di testo internazionali. E' Associate Editor di due riviste internazionali, Fellow della International Society for Electromyography and Kinesiology (ISEK) e Senior Member dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

**Valter Devecchi (e-mail: [valterdevecchi@gmail.com](mailto:valterdevecchi@gmail.com))**

Il Dott Valter Devecchi si è laureato presso l'Università degli Studi di Torino in Scienze delle Attività Motorie e Sportive e in Fisioterapia, rispettivamente nel 2013 e nel 2016. A novembre del 2018 ha terminato il Master in Osteopatia nelle disfunzioni neuromuscolo-scheletriche; nel progetto di tesi ha analizzato, attraverso HDsEMG, l'attività della muscolatura lombare dopo manipolazione vertebrale. Dal 2016 ha lavorato costantemente in centri di riabilitazione ortopedica e muscolo-scheletrica di Torino. Nel 2018 ha collaborato al progetto COMeS (presso il LISiN, Politecnico di Torino) realizzando parte del materiale didattico.

**Kamila Leskaj (e-mail: [kamila.leskaj@gmail.com](mailto:kamila.leskaj@gmail.com))**

La Dott.ssa Kamila Leskaj si laurea in fisioterapia nel 2017 con una tesi sulla riabilitazione degli astronauti con votazione 110/110 con Lode presso l'*Università degli Studi di Torino*. Nell'ambito del corso triennale le viene assegnata la borsa per il programma Erasmus + della durata di 4 mesi presso la *Universidad del Pais Vasco* in Spagna concluso con un tirocinio in ambito di ambulatorio ortopedico e con esami inerenti alla riabilitazione sportiva agonistica. Subito dopo la laurea prosegue gli studi con il corso di Laurea Magistrale in Scienze Riabilitative e nell'ambito del tirocinio previsto frequenta il LISiN del Politecnico di Torino, collaborando al progetto COMES. All'attività di ricerca in laboratorio viene affiancata quella clinica in ambito di riabilitazione geriatrica e neurologica.

**Riccardo Panero (e-mail: riccardopanero@hotmail.com)**

Riccardo Panero vive e studia a Torino dove ottiene la laurea in matematica presso l'Università degli studi di Torino nel 2013 e nel 2017 conclude il percorso di studi in fisioterapia. Nel 2018 vince una borsa di studio presso il LISiN per collaborare con il Professor Merletti al fine di migliorare le conoscenze dei fisioterapisti in ambito sEMG.