

## Esercizio per gli Arti Superiori in caso di Tetraplegia impiegando la Stimolazione Elettrica Funzionale

K. J. Hunt<sup>1,2</sup>, A. N. McLean<sup>2</sup>, S. Coupaud<sup>1</sup>, H. Golle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre for Rehabilitation Engineering Department of Mechanical Engineering University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ

<sup>2</sup>Queen Elizabeth National Spinal Injuries Unit Southern General Hospital 1345 Govan Road, Glasgow G51 4TF

Le lesioni del midollo spinale possono risultare in una disfunzione sia negli arti inferiori che superiori (tetraplegia), e possono essere seguite da molteplici complicanze secondarie.

Il grado di disfunzione agli arti superiori dipende dal livello e dalla completezza della lesione; nel presente articolo si sono considerati soggetti tetraplegici con livello di danno neurologico nel range C4-C6.

Una persona con lesione a livello C5-C6, generalmente, mantiene il controllo della spalla e dei muscoli flessori del gomito (bicipiti), ma non della mano, del polso o degli estensori del gomito (tricipiti). Con una lesione completa C4 è, invece, perso il controllo volontario dell'intero braccio.

**Obiettivo** – L'ipotesi del presente studio era di proporre la Stimolazione Elettrica Funzionale (*FES – Functional Electrical Stimulation*) dei muscoli bicipiti e tricipiti per potenziare l'efficacia dell'esercizio ciclico per l'arto superiore. La mancanza di un esercizio efficace può portare, infatti, rapidamente ad un severo decondizionamento cardiopolmonare in soggetti tetraplegici.



**Metodi** – Prima di tutto, perché la *FES* funzioni propriamente, è necessario che i muscoli bersaglio mantengano l'innervazione centrale. Un danno ai corpi cellulari, alle radici nervose o ai nervi periferici può verificarsi vicino al sito del trauma spinale e può portare alla denervazione delle fibre muscolari associate. Pertanto, nella predisposizione dei candidati allo studio si è dovuto includere un test iniziale di innervazione muscolare.



L'apparecchiatura impiegata consisteva in un *arm-ergometro* (AE) motorizzato, un generatore di *pattern* ed uno stimolatore neuromuscolare. L'*arm-ergometro* era dotato di un motore elettrico in grado di movimentare attivamente le impugnature del manubrio se il momento applicato dall'utente non era sufficiente a guidarle, oppure opponeva una resistenza al movimento di rotazione delle stesse agendo come un carico. I livelli di supporto attivo o di resistenza erano regolabili. Il generatore di *pattern* stabiliva quali muscoli dovevano essere stimolati in base alla posizione angolare delle impugnature ed il *pattern* nominale di stimolazione secondo la velocità angolare in modo da compensare il ritardo tra la stimolazione e la contrazione muscolare.

A titolo di esempio, si riporta il caso specifico di un dei partecipanti allo studio, una persona di 38 anni, con una lesione C6 (incompleta), a 17 anni dal trauma spinale. Il programma di training mediante *FES-AE* è consistito in un mese di rafforzamento muscolare e di familiarizzazione, seguito da 3 mesi di allenamento progressivo con *FES-AE*. Un test di base precedente all'inizio dell'allenamento *FES-AE* rivelava che il soggetto poteva raggiungere inizialmente una potenza massima in uscita di circa 7 W. Il massimo apporto di ossigeno registrato era, invece, di circa 0,8 l/min, tipico per un tetraplegico.



**Risultati** – Dopo appena due mesi di esercizio tramite *FES-AE*, la massima potenza in uscita raggiunta era circa 30 W, il massimo apporto di ossigeno di 1,3 l/min. In generale, un maggiore apporto massimale di ossigeno garantisce un altrettanto maggiore benessere cardiovascolare per un individuo. Quindi, il regolare aumento sia nel massimo apporto di ossigeno che nella massima potenza in uscita, conseguenti ad un regime di esercizio progressivo di *FES-AE*, mostra i potenziali benefici della metodica per le persone tetraplegiche.

**Implicazioni cliniche e terapeutiche** – I dispositivi per *FES-assisted arm-cranking* offrono la possibilità di un esercizio regolare, altrimenti non fattibile, per persone con limitato o assente movimento degli arti superiori. Sono stati osservati altri meno ovvi ma importanti benefici tra cui il miglioramento nella massa muscolare dell'arto superiore, che migliora anche l'immagine di sé. I soggetti partecipanti hanno anche commentato un proprio senso di fatica dopo una sessione *FES*; per persone sane l'affaticamento dopo l'esercizio è scontato, ma i soggetti tetraplegici possono non avere avuto esperienza della "normale" fatica per molti anni ed il ritorno a questa sensazione può essere gratificante e stimolante.

L'esercizio ed il movimento di per sé stessi sono gratificanti per pazienti che abbiano un minima o assente attività volontaria sotto il collo. Altri benefici clinici dell'esercizio *FES-based* possono comprendere il mantenimento della risposta esistente della spalla e del range di movimento articolare. Questo risulterebbe utile nelle attività di vita quotidiana come i trasferimenti, gli spostamenti di peso e la spinta manuale della carrozzina dove fattibile.

I miglioramenti cardiovascolari sono incoraggianti e forniscono una base per *trials* più ampi. I costi per il set-up sono piccoli se paragonati ai costi per la cura dei tetraplegici ed è ritenuto sia indicata una prescrizione a lungo termine dell'esercizio *FES* per persone tetraplegiche che possano mantenere un regime quotidiano di allenamento, probabilmente necessario per raggiungere e mantenere il miglioramento in termini di benessere.

### **Estremi Articolo**

**Titolo:** "*Upper-limb Exercise in Tetraplegia using Functional Electrical Stimulation*"

**Autori:** K. J. Hunt, A. N. McLean, S. Coupaud, H. Gollee

**Rivista:** ACNR (*Advances in Clinical Neuroscience & Rehabilitation*) • Volume 3, Num. 5, Nov/Dec 2003