

APPLICAZIONI TERAPEUTICHE DELLA FES ⁽⁵⁾

Il sistema nervoso

Movimenti e sensazioni nel corpo umano dipendono dalle naturali correnti elettriche che fluiscono attraverso i nervi che connettono il cervello alle articolazioni. Al termine del cranio, il cervello collega un lungo fascio di nervi, chiamato midollo spinale. Lungo la spina, fasci di nervi più piccoli estendono l'attività dal midollo spinale a testa, braccia, tronco, e gambe. Chiamiamo il cervello e il midollo spinale "sistema nervoso centrale". Chiamiamo, invece, i nervi uscenti che si connettono a braccia, gambe, e altre parti del corpo "sistema nervoso periferico". Chiamiamo fasci nervosi, quelli che si estendono dal midollo spinale alle "radici nervose spinali".

La naturale elettricità nel corpo trasporta segnali, avanti e indietro, tra il sistema nervoso centrale e quello periferico. Quando decidiamo di fare un movimento, dei segnali partono dal cervello e viaggiano attraverso gli arti. I segnali trasportano comandi elettrici che causano contrazioni nei muscoli volontari. Chiamiamo questi comandi segnali motori. Altri segnali vanno nella direzione opposta. Partono da un arto, dal tronco, o dalla testa e trasportano messaggi elettrici riguardanti tocco, pressione o dolore, dietro fino al cervello. Questi vengono chiamati segnali sensoriali.

Perché avviene la paralisi?

Danneggiamenti o disagi nel sistema nervoso possono interrompere la normale comunicazione tra il sistema nervoso centrale e quello periferico. Il risultato può essere l'indebolimento muscolare o la paralisi. Ciò può avvenire quando c'è un danno ad qualsiasi un punto tra il cervello ed il muscolo. Tali punti danneggiati si possono trovare

- Nel cervello stesso
- Nel midollo spinale
- Nella radice nervosa spinale (un fascio di nervo che si estende dal midollo spinale)
- Nei nervi periferici
- Nel muscolo

Questi problemi nel tessuto nervoso nuocciono alle cellule nervose. Il sistema nervoso centrale (SNC) può venir coinvolto nel caso di lesioni alle cellule cerebrali o al midollo spinale. Il sistema nervoso periferico (SNP) è invece interessato a lesioni riguardanti i nervi periferici. Danneggiamenti al sistema nervoso periferico sono chiamati denervazioni. Spesso una lesione al midollo spinale (SNC) può anche riguardare i nervi periferici che fuoriescono dal midollo. La figura seguente mostra la differenza tra i motoneuroni superiori e quelli inferiori del sistema nervoso. Molti tipi di FES non producono benefici quando i motoneuroni inferiori sono danneggiati.

The Nervous System

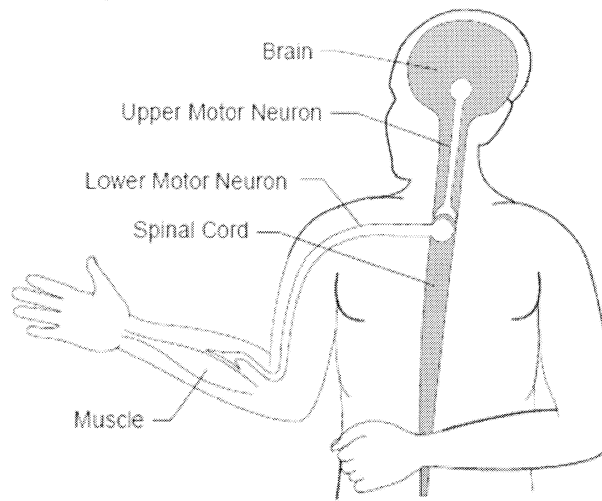


fig. 1 (5)

Utilità della FES rispetto alla paralisi e problemi ad essa relativi

Quando il danneggiamento riguarda solo il sistema nervoso centrale, il muscolo ed il suo nervo rimasti totalmente sani. Il motivo per cui non lavorano è dovuto al fatto che sono tagliati fuori dalla ricezione di segnali di comando provenienti dal cervello. La FES applicata vicino al muscolo o al nervo può sostituire i normali segnali motori, mancanti, con segnali elettrici artificiali. Tali impulsi artificiali faranno sì che il muscolo si contragga.

Le cose risultano molto differenti nel caso di denervazione. Quando ciò accade, la connessione nervo-muscolo è rotta. Stimolare il nervo con impulsi FES non farà contrarre il muscolo. Impulsi elettrici applicati al nervo o al muscolo incontreranno la stessa barriera d'interfaccia trovata dai normali segnali provenienti dal cervello. Questo avviene in disordini o lesioni nervose periferiche, in disfunzioni della giunzione nervo-muscolo, e nelle disfunzioni muscolari. Recentemente, ricercatori hanno cominciato a progettare speciali equipaggiamenti stimolatori per attivare direttamente i muscoli denervati e saltando la lesione al nervo periferico. Il problema più difficile sta nell'affaticamento del muscolo che avviene molto rapidamente ed in modo molto pesante.

Anche la sclerosi multipla (MULTIPLE SCLEROSIS,MS) produce problemi nella trasmissione di segnali nervosi. Mentre la SCI (spinal cord injury, lesione al midollo spinale) è causata da un trauma fisico, la MS è causata dal degradamento del naturale isolamento dei nervi. In base a ciò che avviene, i sintomi possono variare da debolezza e intorpidimento, a problemi di vista e vertigini.

La soluzione ideale ai problemi neurologici di questo tipo sarebbe la rigenerazione dei tessuti. Significherebbe coinvolgere il sistema nervoso centrale nella crescita di nuovi neuroni per sostituire quelli danneggiati o malati. Gli scienziati che stanno lavorando a questo problema stanno facendo ricerche di base su come crescano cellule e tessuti nervosi. Alcuni esperimenti mirano ai possibili benefici che possono dare le stimolazioni elettriche applicate molto brevemente a seguito di lesioni del midollo spinale.

Ad oggi abbiamo oltre una dozzina di applicazioni della FES per migliorare salute e funzionalità, tra cui migliorare la circolazione e muovere muscoli. Quando la FES è usata per muovere parti del corpo, può anche essere chiamata FNS (stimolazione neuromuscolare funzionale). Applicazioni FES/FNS includono:

- Esercizio cardiovascolare
- Assistenza respiratoria
- Afferrare e allungare un braccio
- Muover passi e camminare
- Funzioni intestinali e vescicali

A volte gli obiettivi primari della FES non coinvolgono il movimento di muscoli. Quindi può essere chiamata semplicemente stimolazione elettrica (ES), elettroterapia o TENS (stimolazione nervosa elettrica transcutanea). In molti casi, lo scopo primario, può essere la prevenzione o il trattamento di problemi che insorgono a causa di SCI o MS. Questi problemi sono detti “complicazioni secondarie”, e includono:

- Disfunzioni sessuali maschili (incapacità di avere un'erezione)
- Coaguli sanguigni (profonde trombosi venose)
- Dolori dovuti allo schiacciamento per peso o pressione (dolori da pressione)
- Spasmi (contrazioni muscolari incontrollate che causano movimenti rigidi e goffi)
- Contratture (legamenti che non si aprono completamente)
- Osteoporosi (carenza di minerali nelle ossa)
- Atrofia (indebolimento e restringimento della massa muscolare dovuti ad inattività)
- Tremore (vibrazione che avviene continuamente o comunque quando avviene un movimento volontario)

Quando la FES è usata per questi problemi, possono sopraggiungere due effetti. Uno è la contrazione muscolare, l'altro è il passaggio di corrente nei tessuti stimolati, senza un'adeguata risposta. Questi effetti sono a volte chiamati stimolazione elettrica terapeutica.

Insieme ai pacemakers cardiaci, gli apparecchi di stimolazione elettrica per il controllo del dolore sono tra i più diffusi sul mercato. Questi ultimi, sono inoltre descritti da molti neurologi, come elementi indispensabili per il trattamento del dolore, il quale può però includere altri metodi, come la medicazione, la terapia psicologica e l'agopuntura.

FES Applications in Spinal Cord Dysfunction

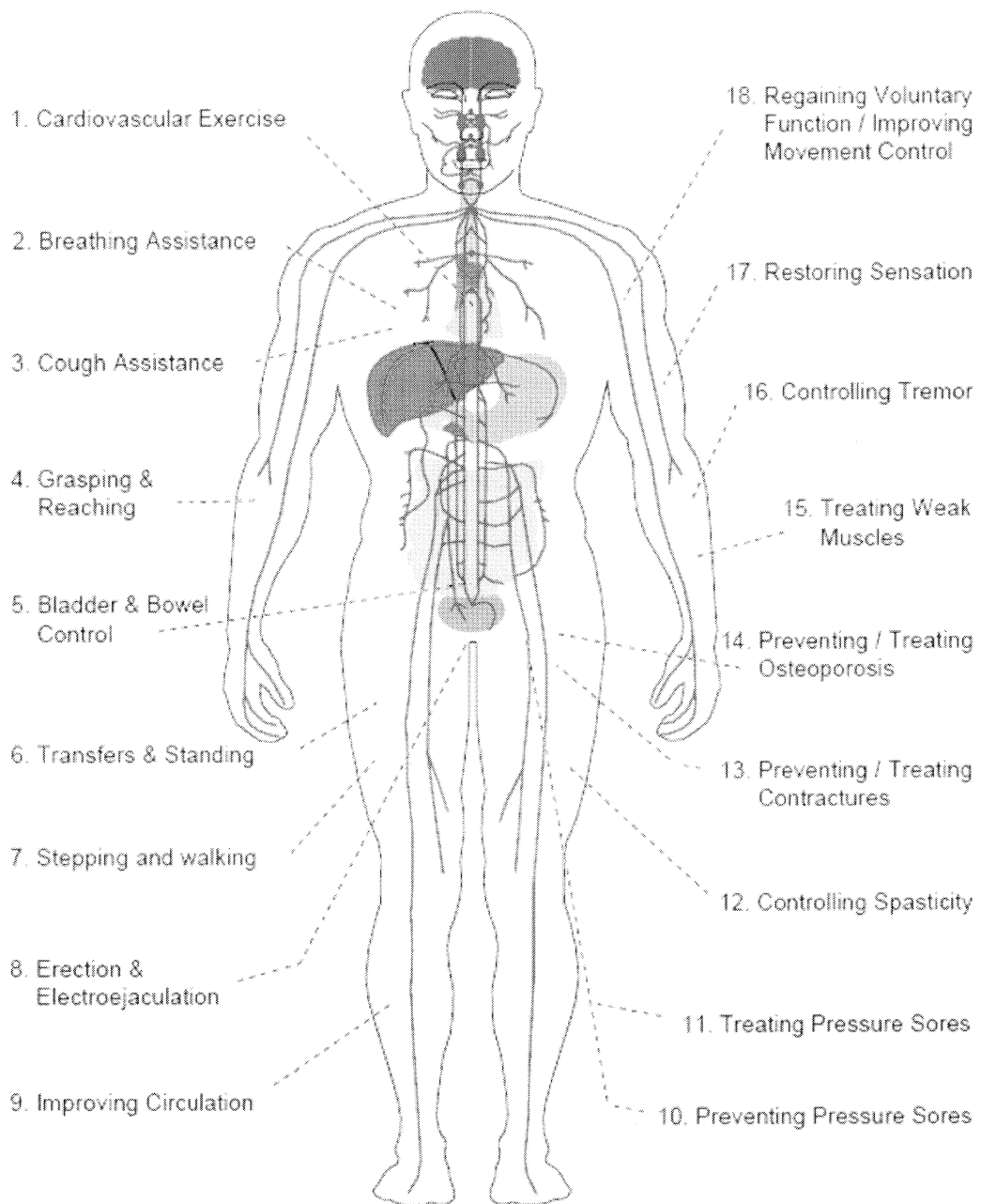


fig.2 (5)

Risultati ed obiettivi nella casistica applicativa SCI

1. incremento della durata delle attività e della tonicità fisica; miglioramento delle funzionalità cardiache e polmonari; mantenimento ed incremento della massa muscolare; aiuto nella riduzione di complicazioni secondarie, quali ulcere da decubito e infezioni di tratti urinari.
2. attivare i muscoli del diaframma e/o quelli petto-toracici per indurre alla respirazione; riduzione del bisogno di un ventilatore polmonare; fornire maggiore libertà; fornire una ventilazione più consistente.
3. fornire la capacità di tossire in modo indipendente; pulizia polmonare da secrezioni.
4. incremento del numero di attività autonomamente svolte; incremento della facilità e della sicurezza nell'esecuzione di attività ordinarie; riduzione del bisogno di assistenza personale e di equipaggiamenti adattativi.
5. realizzare un metodo affidabile per lo svuotamento della vescica; riduzione delle infezioni del tratto urinario; riduzione dei problemi di incontinenza e costipazione; riduzione delle infezioni del tratto rettale; riduzione dell'incontinenza intestinale.
6. riduzione del bisogno di assistenza personale; incremento della mobilità e dell'indipendenza; riduzione del bisogno di sostegni; incremento delle capacità domestiche, lavorative e ricreative.
7. incrementare mobilità e indipendenza; fornire un supplemento alla sedia a rotelle; ridurre il bisogno di sostegni; incremento delle capacità domestiche, lavorative e ricreative.
8. produrre un'erezione del pene; produrre eiaculazione per raccogliere sperma per inseminazioni artificiali.
9. ridurre la formazione di coaguli (come profonde trombosi venose); ridurre il rigonfiamento alle articolazioni; ridurre la possibilità di dolori da pressione.
10. prevenzione di dolori da pressione.
11. velocizzare la guarigione dei dolori da pressione.
12. riduzione della spasticità.
13. mantenere la capacità di muovere le articolazioni in tutti gli angoli normali; riacquisirne la mobilità nei range perduti.
14. contrastare efficacemente l'indebolimento osseo nei pazienti bloccati da SCI.
15. allungamento della muscolatura debole e/o atrofizzata; incremento della massa muscolare atrofizzata.
17. sostituzione sensoriale.

Risultati ed obiettivi nella casistica applicativa MS

5. realizzare un metodo affidabile per lo svuotamento della vescica; riduzione delle infezioni del tratto urinario; riduzione dei problemi di incontinenza e costipazione; riduzione delle infezioni del tratto rettale; riduzione dell'incontinenza intestinale.
7. incrementare mobilità e indipendenza; migliorare la coordinazione muscolare; aumentare la potenza muscolare; incremento delle capacità domestiche, lavorative e ricreative.
8. produrre un'erezione del pene; produrre eiaculazione per raccogliere sperma per inseminazioni artificiali.
10. prevenzione di dolori da pressione.
11. velocizzare la guarigione dei dolori da pressione.
12. riduzione della spasticità.
13. mantenere la capacità di muovere le articolazioni in tutti gli angoli normali; riacquisirne la mobilità nei range perduti.
14. contrastare efficacemente l'indebolimento osseo nei pazienti bloccati da SCI.
15. allungamento della muscolatura debole e/o atrofizzata; incremento della massa muscolare atrofizzata.
16. controllo e riduzione del tremore che interferisce nelle attività quotidiane.

18. migliorare la coordinazione muscolare; aumentare la potenza muscolare; incremento delle capacità domestiche, lavorative e ricreative.

Modelli esemplificativi

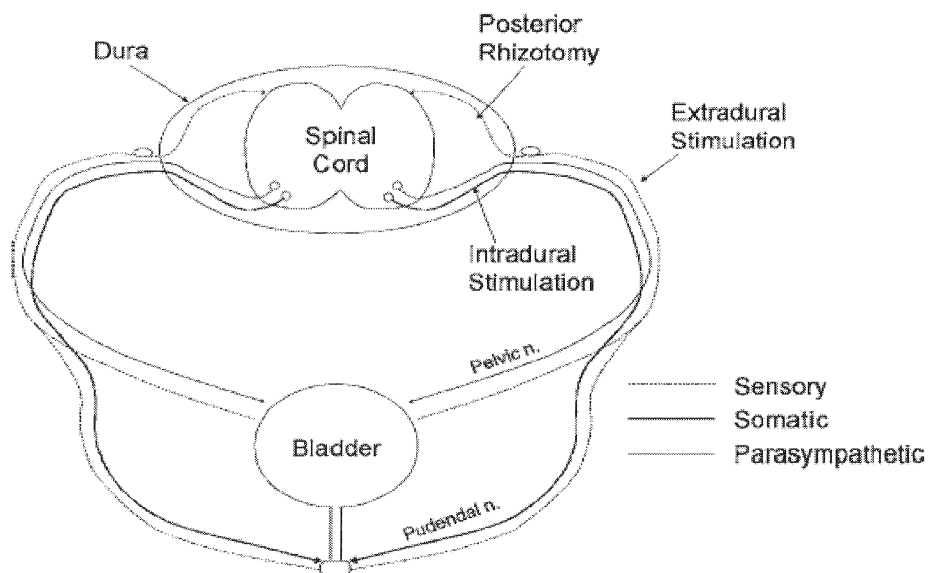


fig.3 (1) funzioni intestinali e vescicali

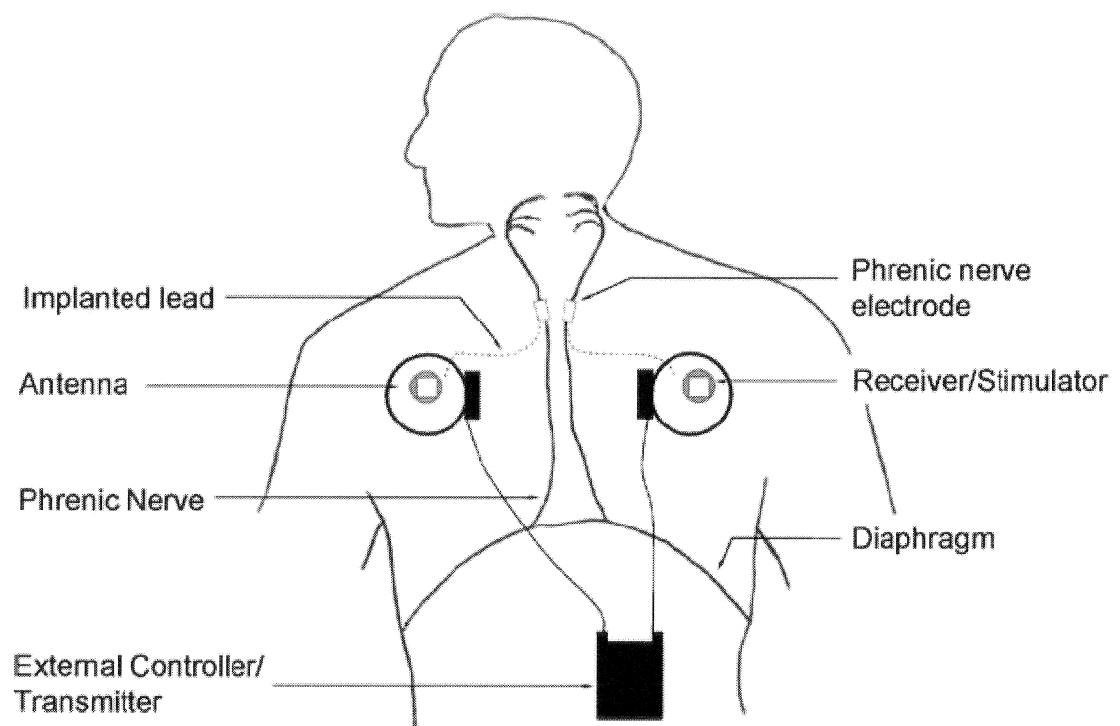


fig. 4 (1) controllo del nervo frenico

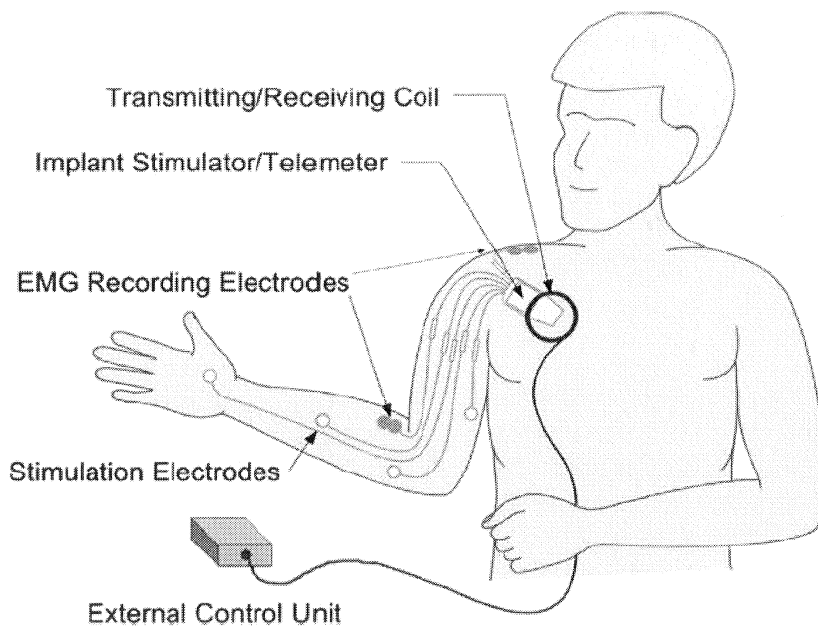


fig. 5 (1) neuroprotesi a 12 canali per il controllo degli arti superiori

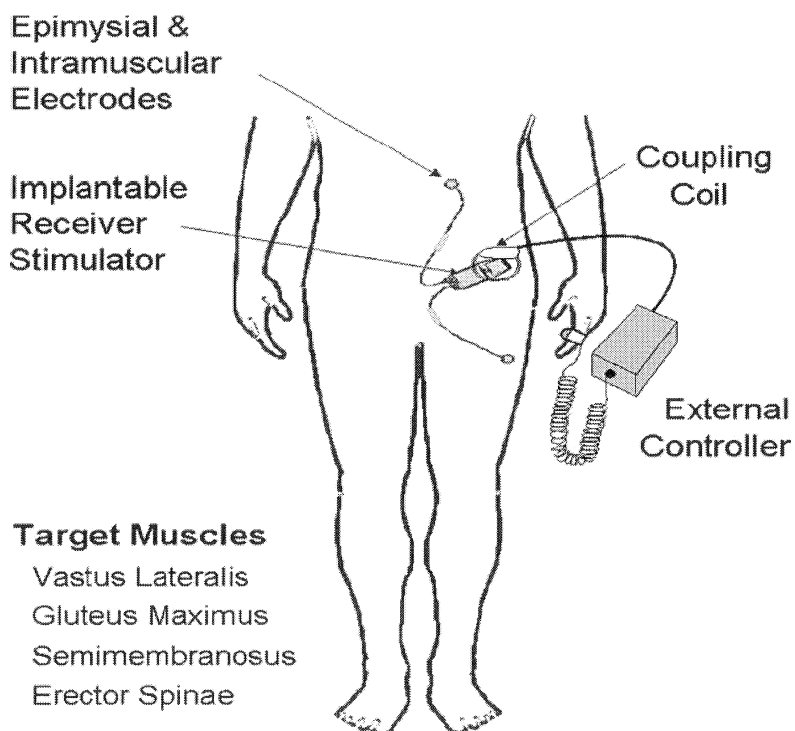


fig. 6 (1) sistema impiantato a 8 canali per la stabilizzazione motoria

Riferimenti bibliografici

1. P. Hunter Peckham, Jayme S. Kuntson. Functional Electrical stimulation for neuromuscular applications. *Ann. Rev. Biomed. Eng.* 2005 7:4.1-4.34
2. http://www.surrey.ac.uk/MME/Research/BioMed/de_page/fes_intr/fes_cont.html. Adapted from: Kralj A and Bajd T (1989). *Functional Electrical Stimulation: Standing and Walking after Spinal Cord Injury*. CRC Press. ISBN 0-8493-4529.
3. http://www.surrey.ac.uk/MME/Research/BioMed/de_page/fes_intr/fes_cont.html. Adapted from: Benton, Barkem. *Functional Electrical Stimulation: A practical clinical guide*.
4. David Ewins, Amanda Lamb.
http://www.surrey.ac.uk/MME/Research/BioMed/de_page/fes_intr/fes_cont.html
5. FES resource guide: Learning about FES. Da:
http://fescenter.case.edu/Resources_Info/fes_guide.htm
6. Dimiter Pradanov, Enrico Mariani, Jan Holsheime. *Functional Electrical Stimulation for sensory and motor functions: progress and problems*. Da:
http://www.diagnosticarea.com/publications/FES_Review.html
7. P. Hunter Peckham. *Functional Electrical Stimulation*, 1331-1352
8. Roger C. Barr. *Basic Electrophysiology* (Chapter 8). In *The Biomedical Engineering Handbook*, J. D. Bronzino Ed., CRC Press.
9. Guyton. *Trattato di fisiologia medica* (Piccin Editore)