

# **ANALISI ELETTROMIOGRAFICA DELLO SQUAT**

Prof. Mazza Manuele , Dott. Gianpaolo Tornatore

**RESPONSABILE:** Mazza Manuele  
Via E. Rossaro 12, 44012 Bondeno (Fe)  
Tel. 3474276987  
Fax. 0532893927  
Email : [manuele.mazza@libero.it](mailto:manuele.mazza@libero.it)

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to analyze the basic exercises and, in this special case, the squat's variances as: full squat, bitrocanteric feet distance squat, bitrocanteric double feet distance squat, extra rotated feet squat, front squat.

The analyzed muscles are: maximus gluteus, medium gluteus, iliocostalis, longissimus of the back, rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis, adductor.

An experienced 35 years old lifter, 87 Kg weight, 1,80 mt. high, executed 6 repetitions of each exercise with 80% of the maximal loads.

Electromyographic analysis indicated that :

- Maximus and medium gluteus, and even the iliocostalis, are higher activated in the front squat execution.
- The longissimus of the back is higher involved in the bitrocanteric double distance position.
- The rectus femoris is higher activated in the front squat, while the vastus medialis, the adductor and the vastus lateralis are better involved in the extra rotated feet execution.

## **INTRODUZIONE**

L'impiego dell'elettromiografia di superficie (SEMG) sta avendo una notevole diffusione sia per le caratteristiche di non invasività, sia per le potenzialità offerte dalle moderne tecniche di analisi del segnale elettromiografico che possono fornire utili informazioni quantitative sulle condizioni di attività del distretto muscolare esaminato. Benché la neuro-fisiopatologia sia il campo clinico che storicamente si è maggiormente avvalso della elettromiografia di superficie a scopo diagnostico, recentemente anche altri settori, clinici e di ricerca, hanno utilizzato questa metodica con diversi tipi di applicazioni: valutazione della forza muscolare, test isometrici, studio della fatica muscolare, studio e terapia del dolore, studio del controllo del movimento, analisi prestazionali in medicina dello sport, studio dei tremori muscolari, studio del cammino. Mentre l'elettromiografia ad ago resta una tecnica di primaria importanza a livello diagnostico, che necessariamente richiede per il suo impiego l'apporto del neurologo, la non-invasività e la disponibilità di metodi di analisi automatica sempre più potenti, rendono la SEMG una tecnica di indagine dell'attività muscolare molto promettente e di grande interesse per la riabilitazione: nel monitoraggio degli effetti di un trattamento, direttamente durante un esercizio per aumentarne l'efficacia, per valutare l'affaticabilità muscolare o la qualità del recupero di

un'attività muscolare compromessa ed in tutte quelle situazioni in cui sia importante quantificare l'attività mio-elettrica in modo non-invasivo e con un vantaggioso rapporto tra efficacia e costi.(2, 3)

L'elettromiografia (EMG) misura i potenziali elettrici che si formano in un muscolo durante la sua contrazione risultante dalla sovrapposizione dei potenziali d'azione delle singole fibre muscolari attive. Questi potenziali sono causati dalla depolarizzazione elettrica delle fibre muscolari in risposta all'arrivo di un impulso elettrico alla sinapsi neuromuscolare. E' importante osservare che i singoli contributi elettrici generati dalle UM, ovvero i PUM, sovrapponendosi nel volume muscolare sia spazialmente sia temporalmente, danno luogo ad un segnale elettrico, apparentemente disordinato, chiamato pattern di interferenza tipicamente non-periodico e variabile nel tempo; per tali motivi, per poter interpretare il segnale è necessario sottoporlo ad una elaborazione utilizzando adeguati parametri statistici ed elettrici anch'essi varianti nel tempo. Un potenziale d'azione che si propaga lungo l'assone di un motoneurone provoca la contrazione delle fibre muscolari. (2, 3)

Con questa ricerca ho voluto valutare il coinvolgimento muscolare in diversi tipi di esercizi base, ed in questo articolo tratteremo in modo specifico della parte di studio che riguarda lo Squat.

### **Squat : corretta esecuzione**



Bilanciere in appoggio sui trapezi (mai sulla zona cervicale) , impugnare il bilanciere con un passo variabile a seconda delle caratteristiche di chi lo esegue. Distanziare i piedi a seconda di come si vuole eseguire lo squat (in genere 40/60 cm con punte leggermente divaricate) e iniziare l'accosciata senza però flettere troppo il busto. Il punto di arrivo vede il femore parallelo al terreno e , molto importante , le ginocchia che seguono l'orientamento delle punte dei piedi.

E' indispensabile cercare di mantenere le curve fisiologiche della colonna (soprattutto nella fase di risalita) ed evitare di inclinare il busto in avanti per non gravare sulle vertebre già in sofferenza. Più la colonna mantiene un assetto vicino a quello naturale e più è in sicurezza. E' anche importante non chiudere eccessivamente l'angolo del ginocchio in flessione onde evitare eccessi di forze che premono la rotula sul femore con rischio di lacerazioni cartilaginee. E' un esercizio molto sentito sul quadricipite semplicemente perché è l'anello debole della catena.

**-Full squat** : squat con massima accosciata

**-Squat frontale** : bilanciere posizionato sui fasci anteriori del deltoide, braccia in posizione orizzontale, gomiti flessi, avambracci come in figura o anche incrociati, mani sul bilanciere sguardo diritto in avanti. Il bilanciere in posizione anteriore fa sì che non ci sia una extrarotazione forzata della spalla e che non ci sia inclinazione in avanti del tronco. Coinvolge in una potente azione stabilizzatrice il retto dell'addome e tutta la muscolatura della fascia addominale.

Con gomito alto ho un perfetto assetto della schiena : posso utilizzare il bilanciere curvo. (4)



## MATERIALI E METODI

Lo studio è stato realizzato “BTSFREEEMG” elettromiografo di superficie a sonde wireless per l'analisi dinamica dell'attività muscolare.



A supporto abbiamo utilizzato il videosistema digitale “BTSVIXTA”. E' un sistema digitale per la ripresa e la registrazione video progettato per fornire informazioni qualitative di supporto all'indagine strumentale , permette di documentare in modo permanente il gesto motorio del soggetto in esame correlando istante per istante la valutazione con i dati acquisiti dall'elettromiografo.(1)



Essendo il segnale elettromiografico di piccola ampiezza (100.000 volte più piccolo della tensione elettrica di una normale batteria), è anzitutto necessario amplificarlo per portarlo ad una intensità adeguata per le successive elaborazioni. Nei moderni elettromiografi sono inserite sia una sezione d'amplificazione sia una sezione di post-elaborazione del segnale

per consentire la gestione in modo digitale delle funzioni di filtraggio e misura del segnale oltre che provvedere alla archiviazione dei dati misurati insieme alle informazioni anagrafiche e cliniche necessarie.

L'utilizzo di elettrodi di superficie semplifica sensibilmente le operazioni di prelievo del segnale e, unitamente alla non-invasività della tecnica, rende possibile l'effettuazione di registrazioni in condizioni di sforzo sia statico che dinamico, ad esempio durante l'esecuzione di esercizi o gesti funzionali. Tuttavia è importante ricordare che, avendo il segnale registrato un'ampiezza inversamente proporzionale al quadrato della distanza dalla sorgente, le UM di cui è possibile registrare l'attività sono quelle situate entro un raggio massimo di 15 mm dagli elettrodi. Inoltre, la quantità di tessuto interposto tra la sorgente e gli elettrodi può attenuare le componenti ad alta frequenza del segnale, solitamente in modo proporzionale alla "profondità" dell'UM. Infine, è importante ricordare che talora, soprattutto nel caso di registrazioni effettuate su muscoli di piccole dimensioni o nel caso di errato posizionamento degli elettrodi, è possibile il sommarsi di contributi indesiderati generati da fibre attive di muscoli prossimi a quello in esame (fenomeno del cross-talk). Come per altre tecniche di registrazione di segnali bio-elettrici, anche per il SEMG è possibile scegliere tra registrazione di tipo monopolare (un elettrodo attivo in corrispondenza del muscolo da esaminare ed uno di riferimento su un punto neutro) e registrazione bipolare (due elettrodi attivi posti ambedue sul muscolo esaminato): la nostra scelta è caduta proprio sulla tecnica bipolare. La scelta fra le due tecniche è lasciata all'esperienza e alle preferenze dell'operatore, anche se la registrazione bipolare offre una migliore immunità ai disturbi, benché nel caso di muscoli di piccole dimensioni sia di difficile impiego essendo meno selettiva di quella monopolare e richiedendo un'area per il posizionamento degli elettrodi maggiore. E' generalmente consigliabile posizionare l'elettrodo (o gli elettrodi) in corrispondenza del ventre muscolare, ovvero dove si ottiene il segnale d'ampiezza più elevata a parità di livello di contrazione. Tuttavia, per ottenere segnali di buona qualità è sicuramente necessaria una considerevole pratica e un atlante specialistico che fornisca le necessarie indicazioni per il corretto posizionamento degli elettrodi. Nell'effettuazione di registrazioni in condizioni dinamiche (esercizi, test ergometrici, ecc.) vanno considerati gli effetti che il movimento può produrre sul segnale, quali le variazioni indesiderate di ampiezza dovute al movimento delle masse muscolari e alle variazioni della impedenza di contatto degli elettrodi, con conseguenti alterazioni del segnale EMG originale.(2, 3)

La cute dell'atleta è stata trattata con alcool nei punti di reperi allo scopo di togliere lo strato di grasso sopra cute che potrebbe alterare il segnale o comunque non renderlo estremamente preciso.

Gli elettrodi sono stati posizionati a muscolo contratto risultando quindi, dopo il rilassamento, distanti l'uno dall'altro circa 2 centimetri per evitare sovrapposizione degli elettrodi stessi e quindi interferenze. Gli elettrodi creano un cono di penetrazione e se la distanza tra loro è troppo elevata rischiamo il fenomeno di CROSS TALK ovvero rilevare altri muscoli adiacenti a quello rilevato.

## Soggetto analizzato

1 soggetto analizzato di anni 35 , peso 87 Kg , altezza 1,80 mt. Dal 1990 pratica bodybuilding.

## Esercizi e muscoli analizzati

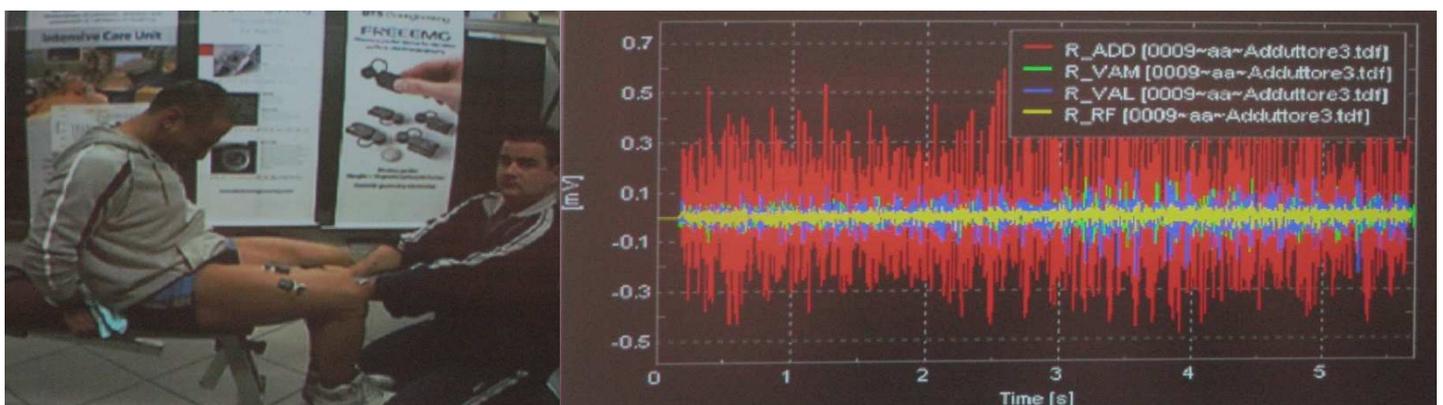
ESERCIZI ANALIZZATI	MUSCOLI ANALIZZATI
Full-squat	Grande e medio gluteo
Squat piedi distanza bi trocanterica	Erettori : ileo costale – lunghissimo del dorso Adduttore
Squat piedi doppia distanza bi trocanterica	Retto femorale – vasto mediale – vasto laterale
Squat punte extra ruotate piedi distanza bi trocanterica	
Squat frontale	

Lo studio è iniziato prendendo le isometrie di comparazione per ogni muscolo analizzato in modo da avere come riferimento il valore del 100% isometrico o MCV “Massima Contrazione Volontaria”.

L'atleta ha mantenuto la contrazione volontaria dei muscoli da studiare per 6” , sfruttando protocolli di contrazione convenzionali e scientificamente provati.

## Isometrie : esempio per adduttore

Del tracciato elettromiografico risultante dalla contrazione isometrica abbiamo tenuto in considerazione i 2”/3” centrali in quanto, l'inizio risulta sempre influenzato dall'adattamento alla posizione e la fine è influenzata dall'affaticamento. L'elaborazione dei dati ci ha portato a determinare il valore RMS (Root Mean Square) , valore indicato in millivolt che mi esprime la quantità di unità motorie coinvolte e l'energia che il muscolo esprime in quel gesto. L'atleta ha eseguito 6 ripetizioni



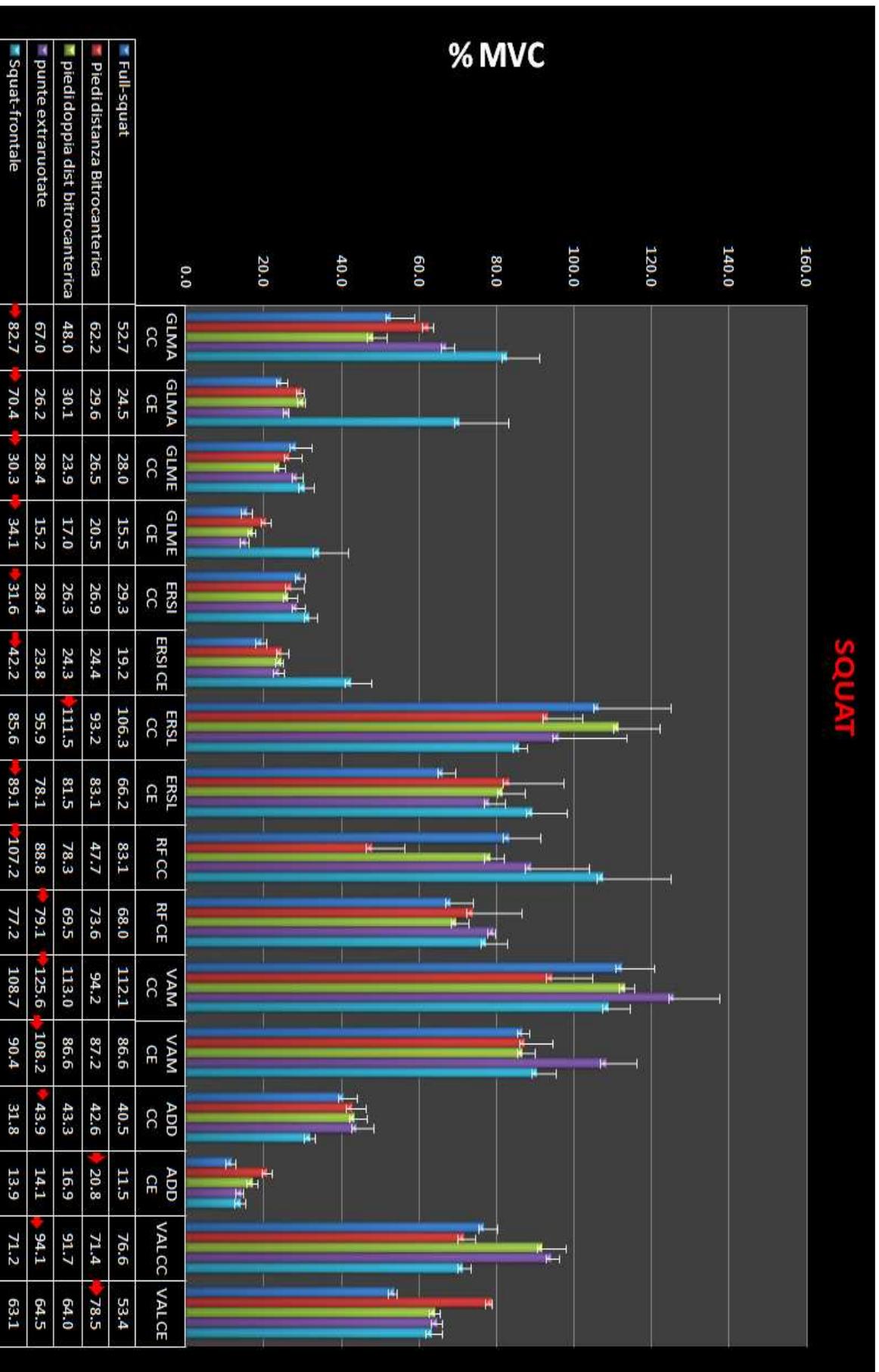
con l'80% del carico massimale per ogni esercizio che hanno generato un tracciato che vedeva per ogni contrazione 6 picchi di lavoro.

Delle contrazioni derivate dall'esecuzione del gesto abbiamo tenuto in considerazione i 3 cicli più ripetibili dei 6 rilevati , tenendo sempre presente come nel caso delle isometrie che, le prime e le ultime ripetizioni sono influenzate rispettivamente dall'adattamento al carico e dalla fatica.

Successivamente abbiamo inserito gli "eventi" , ossia determinazione di inizio e fine di contrazione eccentrica e concentrica per tutti i muscoli analizzati di ogni esercizio.

# RISULTATI

## SQUAT



## DISCUSSIONE

<b>ESERCIZIO ANALIZZATO</b>	<b>SQUAT</b>
<b>VARIANTI</b>	A) FULL SQUAT
	B) PIEDI DISTANZA BITROCANTERICA
	C) PIEDI DOPPIA DISTANZA BITROCANTERICA
	D) PUNTE EXTRARUOTATE DISTANZA BITROCANTERICA
	E) SQUAT FRONTALE

Dall'analisi dei grafici risultanti possiamo concludere che :

- grande e medio gluteo , così come l'ileocostale, sono maggiormente coinvolti nell'esecuzione dello squat frontale.
- Il lunghissimo del dorso è maggiormente sollecitato nella posizione doppia distanza bi trocanterica.
- Il retto femorale è maggiormente coinvolto nello squat frontale, mentre il vasto mediale lo troviamo molto coinvolto nell'esecuzione con punte extra ruotate così come il muscolo adduttore e il vasto laterale.

<b>MUSCOLO</b>	<b>FULL SQUAT</b>	<b>PIEDI DISTANZA BITROC.</b>	<b>PIEDI DOPPIA DISTANZA BITROC</b>	<b>PIEDI DISTANZA BITROC. PUNTE EXTRARUOTATE</b>	<b>SQUAT FRONTALE</b>
Grande gluteo					
Medio gluteo					
Ileocostale					
Lunghissimo					
Retto femorale					
Vasto mediale					
Vasto laterale					
Adduttore					

## CONCLUSIONI

Come si nota dalla tabella i due esercizi più completi sono lo squat frontale e lo squat con piedi a distanza bi trocanterica punte extra ruotate. Dallo squat frontale non è risultato uno scarico dei muscoli erettori, ma sicuramente un buon lavoro muscolare. Sicuramente la posizione del bilanciere non gravando direttamente sulla colonna evita eccessive pressioni dirette sulle vertebre e quindi un miglior assetto articolare delle stesse e della colonna in toto : la schiena risulta infatti più propensa a mantenere le normali curve fisiologiche. Per una cliente donna sarei propenso ad eseguire lo squat frontale per permettergli di lavorare maggiormente sulla parte che in genere desta maggiore interesse.

Per un uomo potrei alternare le esecuzione dello squat frontale e della posizione piedi distanza bi trocanterica punte extra ruotate. Nessuna delle esecuzioni analizzate è da abbandonare completamente, anche perché tengo a precisare che lo squat frontale presenta un limite importante : il carico.

La posizione del bilanciere è più precaria, e la pressione dello stesso sui deltoidi anteriori può essere fastidiosa. Ecco che in base al carico possono subentrare le altre esecuzioni con un occhio di riguardo alle punte extra ruotate.

Laddove dovesse essere necessario un buon lavoro su quadricipite e/o adduttore ecco riproporsi come ottimale l'esecuzione piedi distanza bitrocanterica punte extra ruotate

Altra considerazione riguarda il fatto che quasi tutti i muscoli analizzati, ad eccezione di medio gluteo e ileocostale (le differenze tra eccentrica e concentrica sono minime), lavorano maggiormente nella fase concentrica ossia la fase di risalita. E' in questa fase che si deve vincere il peso del bilanciere e la forza di gravità, che implicano anche un grande lavoro di stabilità.

Interessante anche notare come il coinvolgimento del medio gluteo non veda differenze notevoli tra le varie esecuzioni e aumenti dall'esecuzione standard, affondando il movimento, full squat, e divaricando le punte : questo movimento implica una abduzione del femore rispetto all'esecuzione standard e quindi un maggior coinvolgimento del muscolo medio gluteo in qualità di abductore.

La scelta di quale tipo di esercizio eseguire rimane sempre e comunque anche dettata dalla mobilità articolare del soggetto. Vi consiglio di eseguire sempre una valutazione articolare del soggetto prima di prendere la decisione su come fare eseguire l'esercizio. Facendo eseguire qualche movimento a vuoto si possono notare diverse situazioni del tipo :

- Eccessivo spostamento in avanti del busto : eccessivo carico sulla zona lombare
- Intrarotazione del ginocchio con piede in eversione : eccessivo carico sul ginocchio
- Sollevamento del tallone : scarsa mobilità tibio/tarsica e necessita dello spessore sotto i talloni
- Appoggio del piede sul bordo esterno : gluteo debole e scarsa circolazione in quanto non premo sui cuori plantari

## **BIBLIOGRAFIA:**

- (1) <http://www.btsbioengineering.com/electromyography/FREEMG.html>
- (2) <http://www.fisionline.org/1Anat/4anat.htm>
- (3) <http://polar.unipv.it/EMG/lezng05.pdf>
- (4) A. Paoli, M. Neri, M. Regina, D. Stauffer, G. Posabella, C. Morelli : Personal Trainer : manuale per il professionista, Centro Studi La Torre Edizioni – 183
- (5) W.D. McArdle, F.I. Katch, V.L. Katch : Fisiologia applicata allo sport : Casa Editrice Ambrosiana
- (6) Roberto Merletti : elementi di elettromiografia di superficie : Editore CLUT
- (7) Osio – Mailland – Muscia – Nascimbene : Atlante di elettromiografia 1/3 volume : Scienza Medica

## **Ringraziamenti.**

Per lo studio svolto doverosi sono i ringraziamenti a :

-Azienda "B.T.S. Bioengineering" nella persona del Sig. Claudio Fiorucci che da subito ha creduto nella possibilità di questa collaborazione

-Ing. Diana Crogniale , laureata in Ingegneria Biomedica , esperta in strumentazioni dedicate all'analisi del movimento computerizzato sia in ambito clinico che sportivo.

-Dott. Gianpaolo Tornatore , laureato in Scienze Motorie ed esperto in utilizzo di elettromiografi in campo clinico e sportivo.

-Vacchi Ivan , atleta ed amico che si è prestato a questa mia esperienza