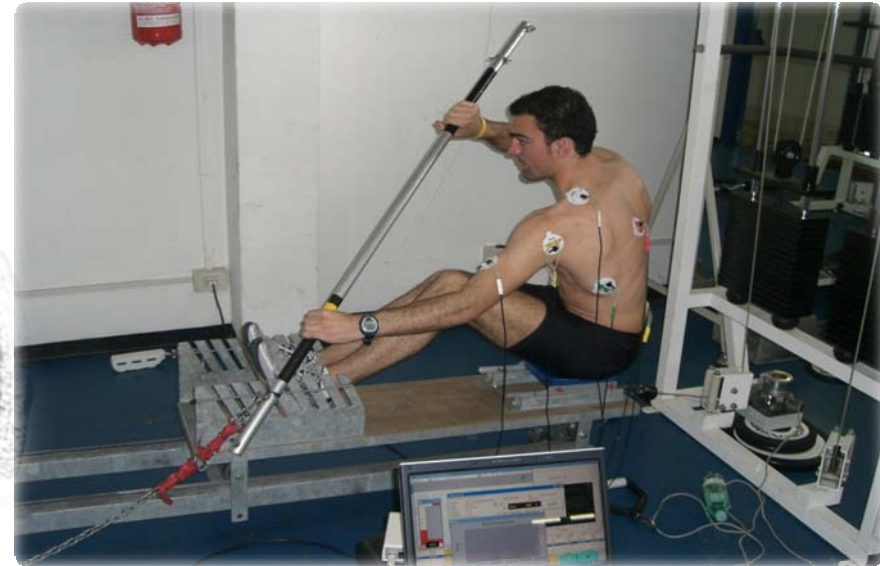
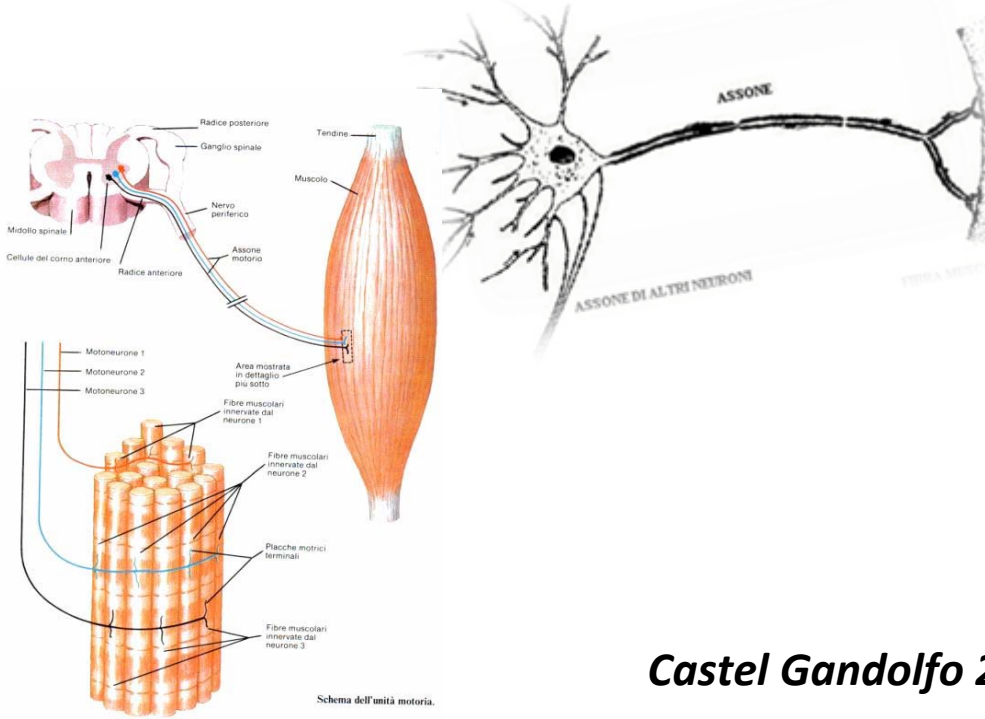


“Dal pagaierometro alle macchine isotoniche: valutazione e confronto del segnale elettromiografico (sEMG)”



**Cristian
Savoia**

Castel Gandolfo 29-11-2008

Abstract

Lo studio tratta l'utilizzo dell'elettromiografia di superficie come mezzo di indagine sull'attività elettrica dei muscoli propri del gesto tecnico nel kayak. Gli atleti della nazionale, testati in collaborazione con la FICK e il supporto scientifico del laboratorio "Human Performance & Training Lab C. Bosco" della facoltà di Scienze Motorie di Tor Vergata, hanno effettuato prove multiple al pagaierometro Concept 2, sul binario, e su altre macchine generalmente impiegate per la muscolazione generale. I test sono stati svolti tramite il Muscle Lab, strumento di valutazione funzionale capace di rilevare ed amplificare i processi biologici che si verificano nel muscolo durante la contrazione sia dinamica che isometrica. Risulta basilare una diagnosi del segnale mioelettrico per impostare i principi del lavoro muscolare, rispettando sempre e comunque i tempi, le modalità esecutive e i canoni dell'allenamento funzionale.

Introduzione

Dopo la fisiatria, l'ortopedia e la neurologia, altre aree di interesse hanno approfondito l'utilizzo dell'elettromiografia di superficie, non ultima la scienza e tecnica dello sport applicandone la funzione a tutte le scienze motorie per nuovi risvolti in ambito di allenamento.

I primi studi risalgono al lontano 1967 quando l'sEMG fu usata dai giapponesi a Kyoto per valutare l'attività di lunghissimi del dorso, deltoide anteriore e gran pettorale durante il gesto della pagaia. Bisogna aspettare però l'89, affinché il coach tedesco Josef B. Capousek intuì l'esigenza di confrontare azioni di forza sulle generiche macchine utilizzate nella pesistica con il movimento specifico del canoista. Qualche anno dopo in Italia fu il prof. Colli a trattare l'EMG direttamente sul kayak olimpico andando ad indagare le ipotetiche differenze di attivazione muscolare a diverse frequenze di pagaia.

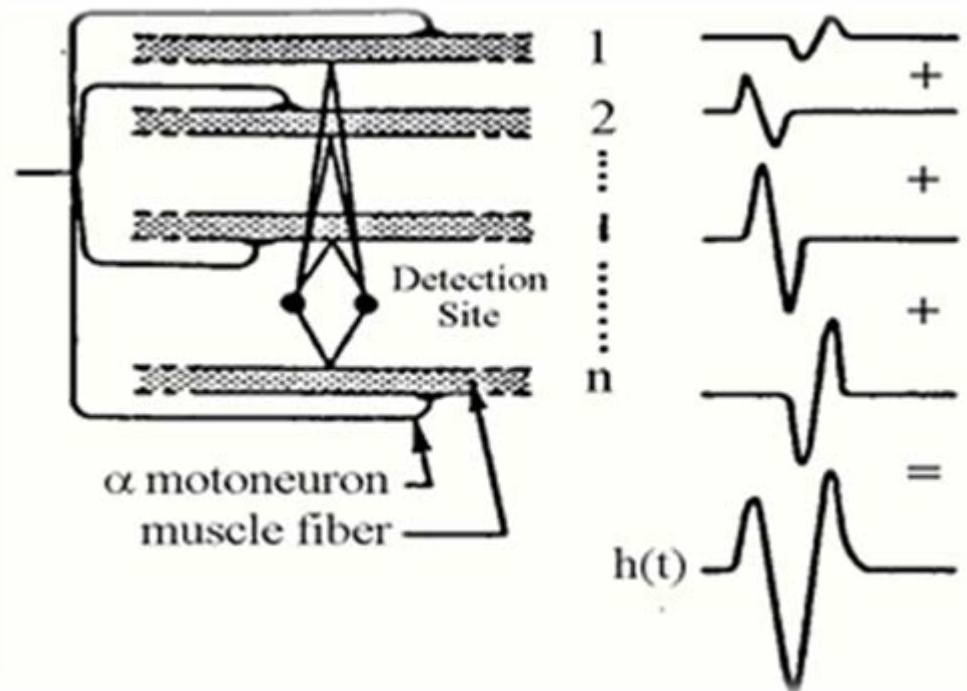
È da qui che nasce il mio interesse per l'elettromiografia e avvalendomi delle conoscenze del prof. Roberto Colli, ho trattato, in collaborazione con il laboratorio di ricerca "Human Performance & Training Lab C. Bosco" e la Federazione Italiana Canoa Kayak, il segnale mioelettrico che presentano movimenti affini alla tecnica di pagaia. Grazie alle informazioni fisiologiche ricavabili dagli otto canali di EMGrms con pre-amplificatori, i due sensori di forza (*strain-gauge*) e l'encoder per la misura dei parametri cinematici, abbiamo potuto identificare le differenze percentuali di attivazione elettrica del fascio acromiale del deltoide, del gran dorsale, del trapezio e infine del bicipite brachiale. Il tutto facendo un'analisi qualitativa sul tracciato di inferenza senza tralasciare le diverse sequenze di attivazione nel dominio del tempo.

Cos'è l'elettromiografia?

Dalla fisiologia...

La membrana depolarizzata, che è accompagnata da un movimento di ioni, genera un campo magnetico nelle vicinanze delle fibre muscolari. Un elettrodo localizzato in tale campo rileverà il potenziale, la cui *escursione temporale* è nota come **potenziale d'azione**. Nel tessuto muscolare umano, l'ampiezza del potenziale d'azione dipende dal diametro della fibra muscolare, dalla distanza tra la fibra muscolare e la posizione dell'elettrodo e dalle proprietà filtranti dello stesso.

Il potenziale d'azione di unità motoria (MUAP) rappresenta la forma d'onda di tensione consistente nell'integrazione spaziotemporale dei PA delle singole fibre che la costituiscono.

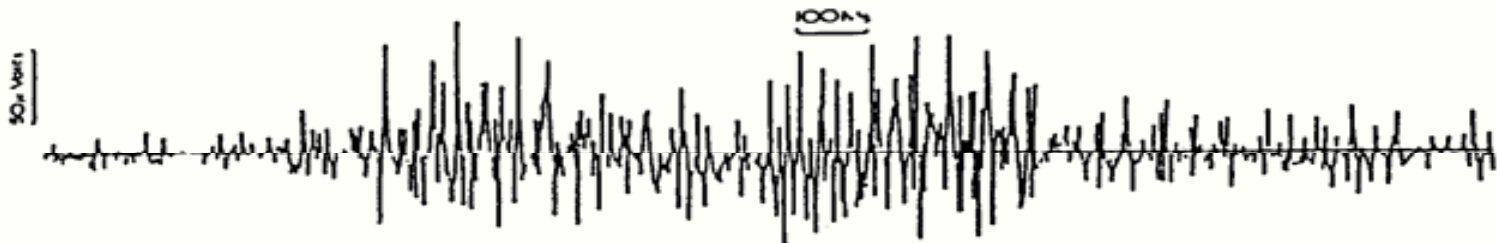


...al segnale EMG

Misura i potenziali elettrici che si formano in un muscolo durante la sua contrazione volontaria. Questi rispecchiano l'attività di un gruppo di unità motorie nel caso di elettrodi di superficie, e arrivano a pochi millivolt che si sovrappongono.

La tecnica cutanea (sEMG) fornisce informazioni globali inerenti al muscolo in esame offrendo significativi vantaggi: indicazioni sul *momento*, sulla *durata*, sull'entità dell'*attivazione* di un muscolo durante un movimento.

L'interazione di tutti i MUAPT (treni di PA) provenienti da tutte le unità motorie localizzate nell'area di prelievo degli elettrodi, dà origine al segnale elettromiografico superficiale, altrimenti detto “***tracciato di inferenza***”.



EMG e POTENZA A VELOCITA' CRESCENTE
pressa orizzontale

**Metodologi
a**

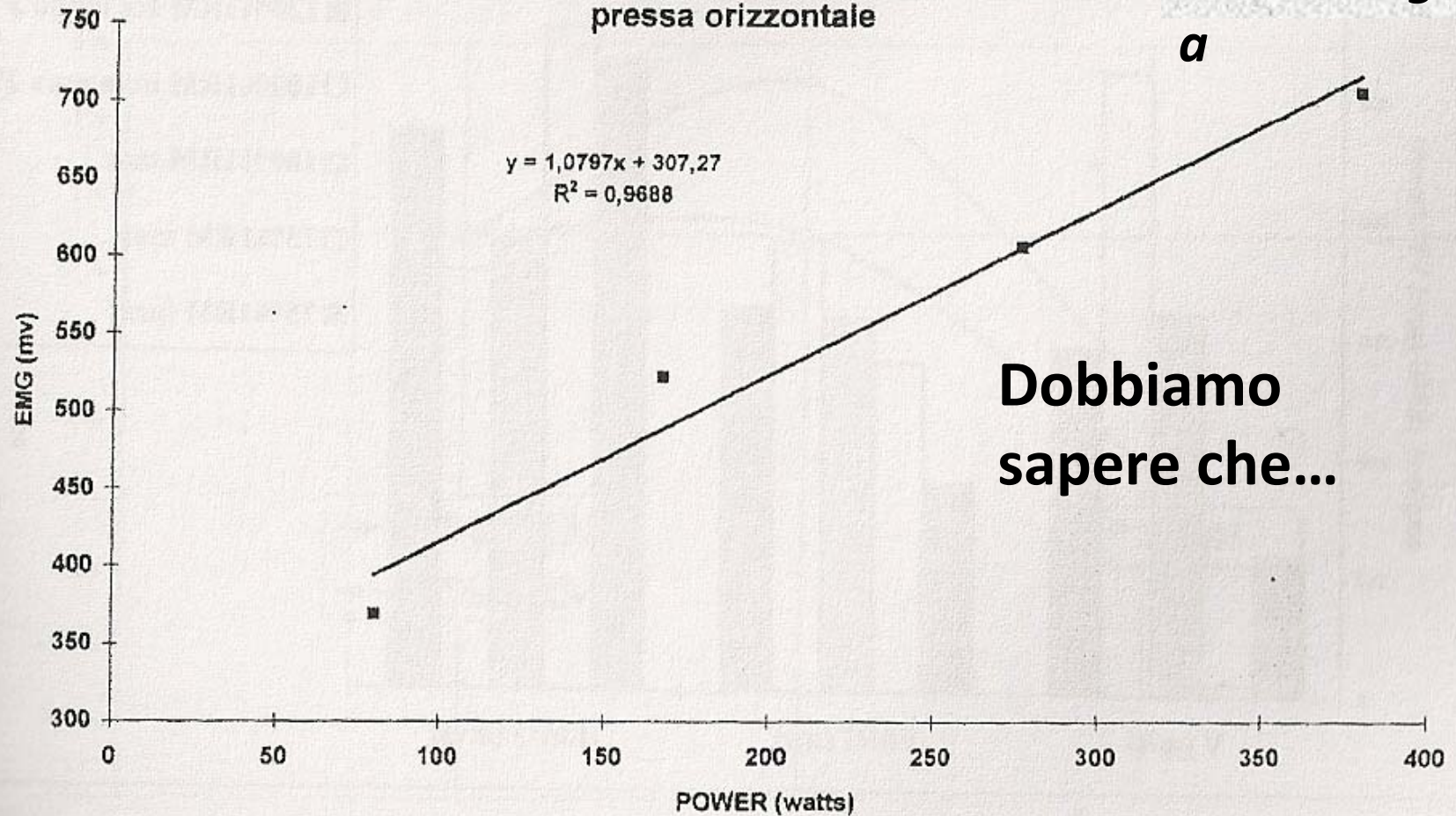
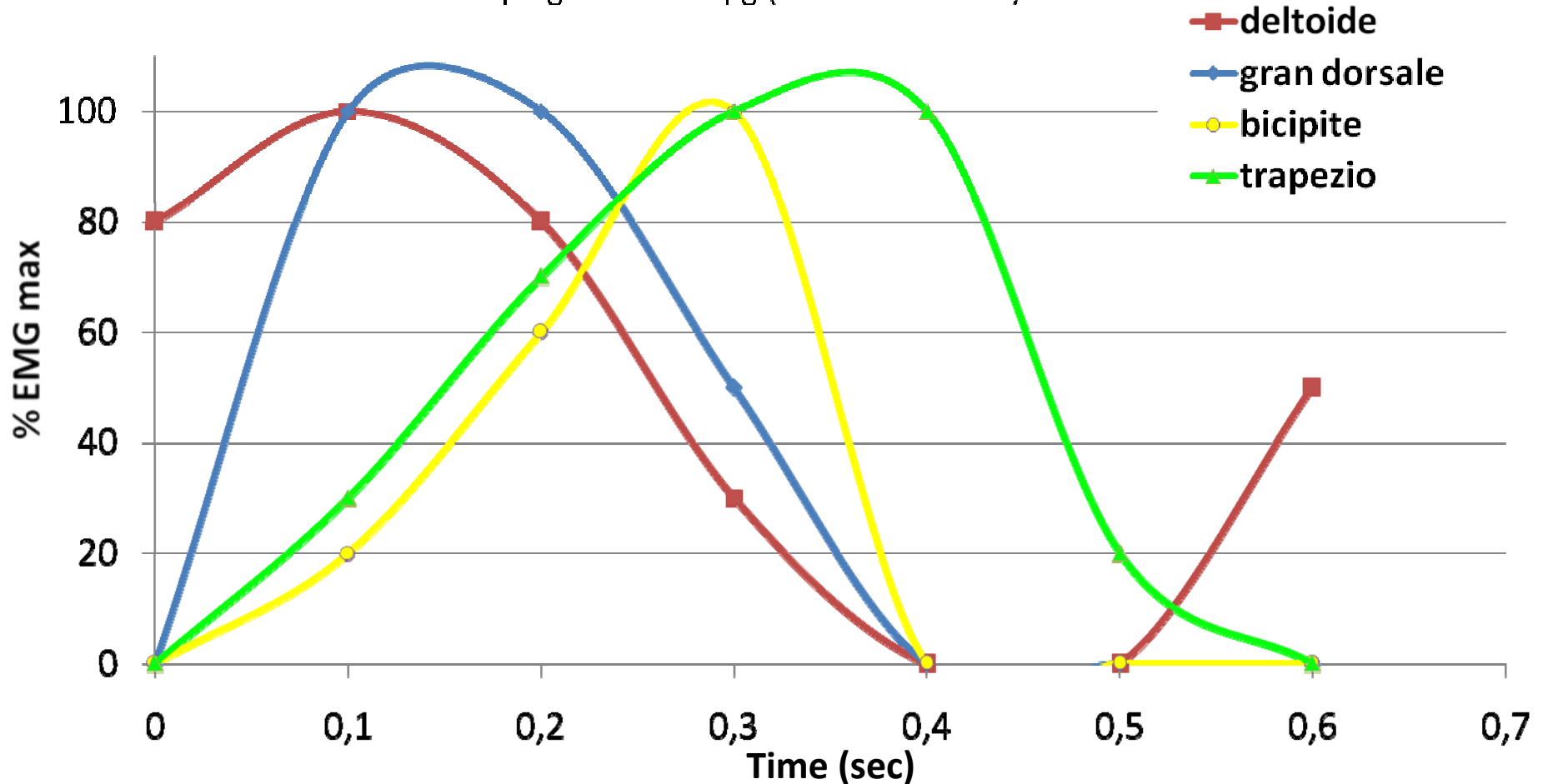


Figura 13.4 - Relazione tra l'attività elettromiografica (EMGrms) dei muscoli estensori delle gambe e la potenza sviluppata, con un carico costante, durante prove eseguite con sforzi massimali e submassimali. Con l'incremento dell'attività EMGrms si nota un parallelo incremento della potenza sviluppata (Bosco e Colli, 1996).

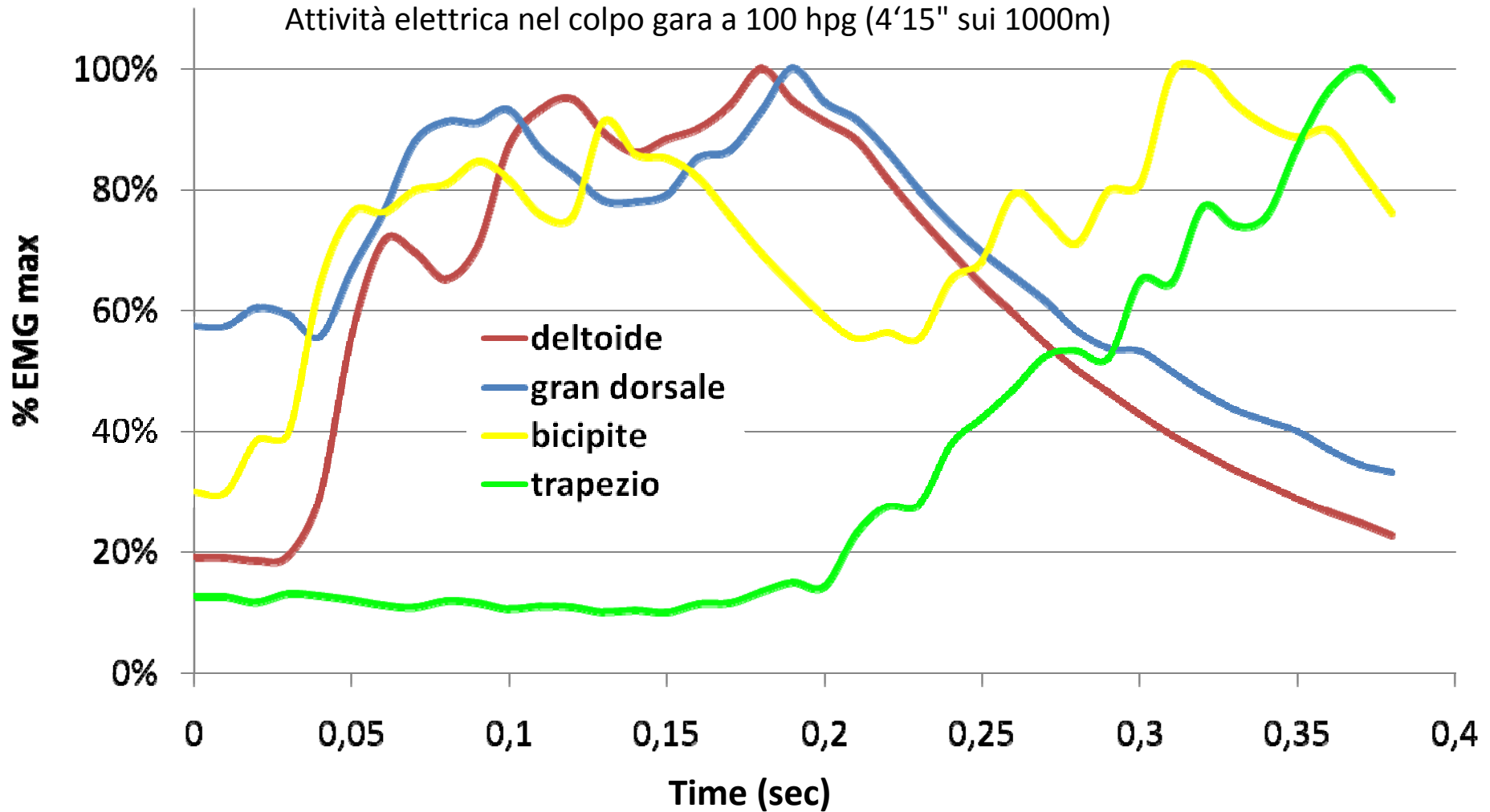
Un po' di storia...dallo studio di Colli-Introini nel 1995

Attività elettrica nel colpo gara a 100 hpg (3'50" sui 1000m)



Tracciato EMG rilevato direttamente in kayak che mostra la sequenza temporale di attivazione muscolare nel colpo in barca. Al fine di identificare la sequenza temporale di attivazione, il segnale EMG è stato rapportato al massimo valore (100%) e tutti i dati sono espressi in % di questo.

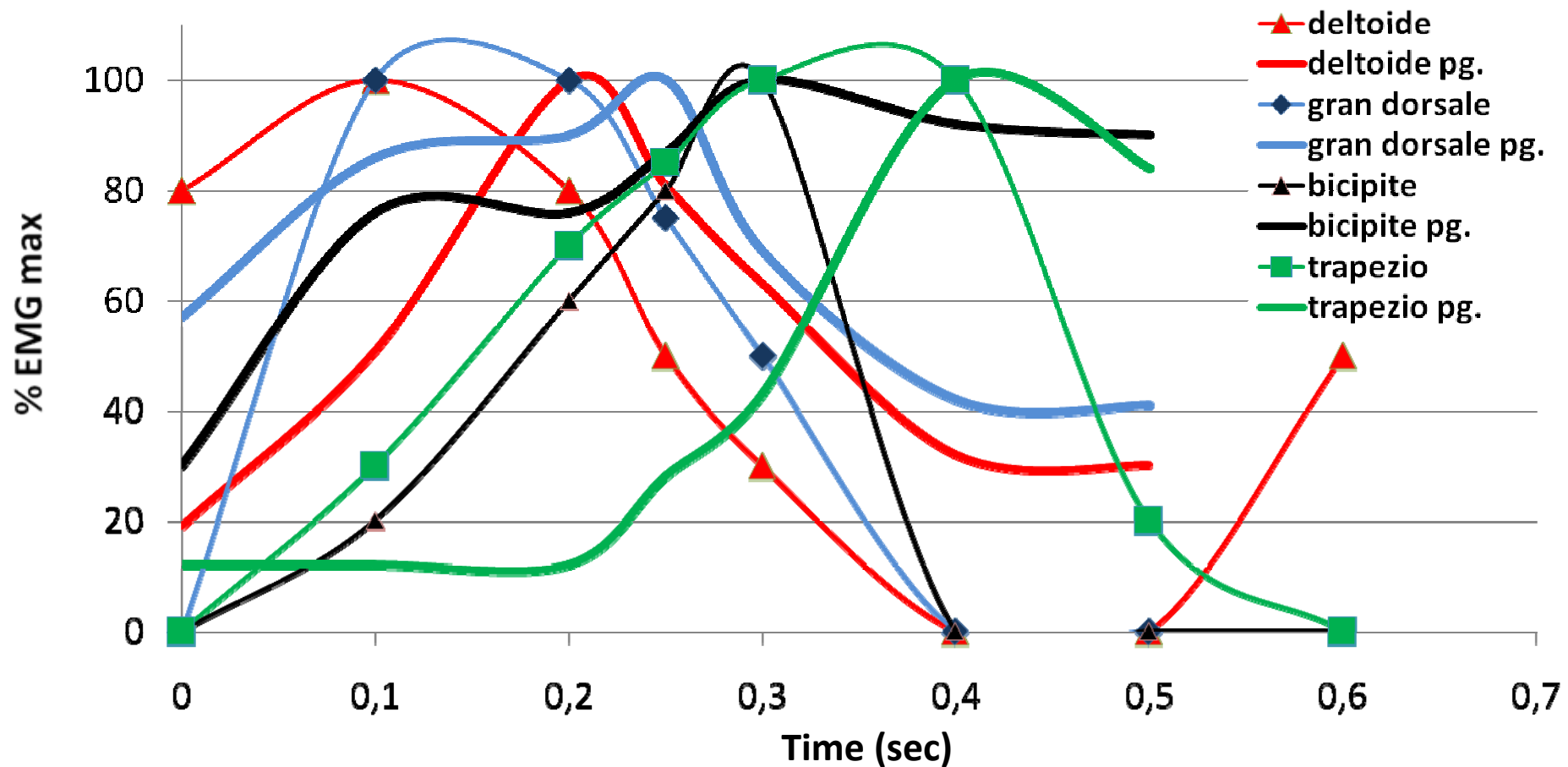
Nel 2008 questo è il *tracciato di inferenza* al pagaierometro



Tracciato EMG rilevato al pagaierometro che mostra la sequenza temporale di attivazione muscolare (singolo colpo).

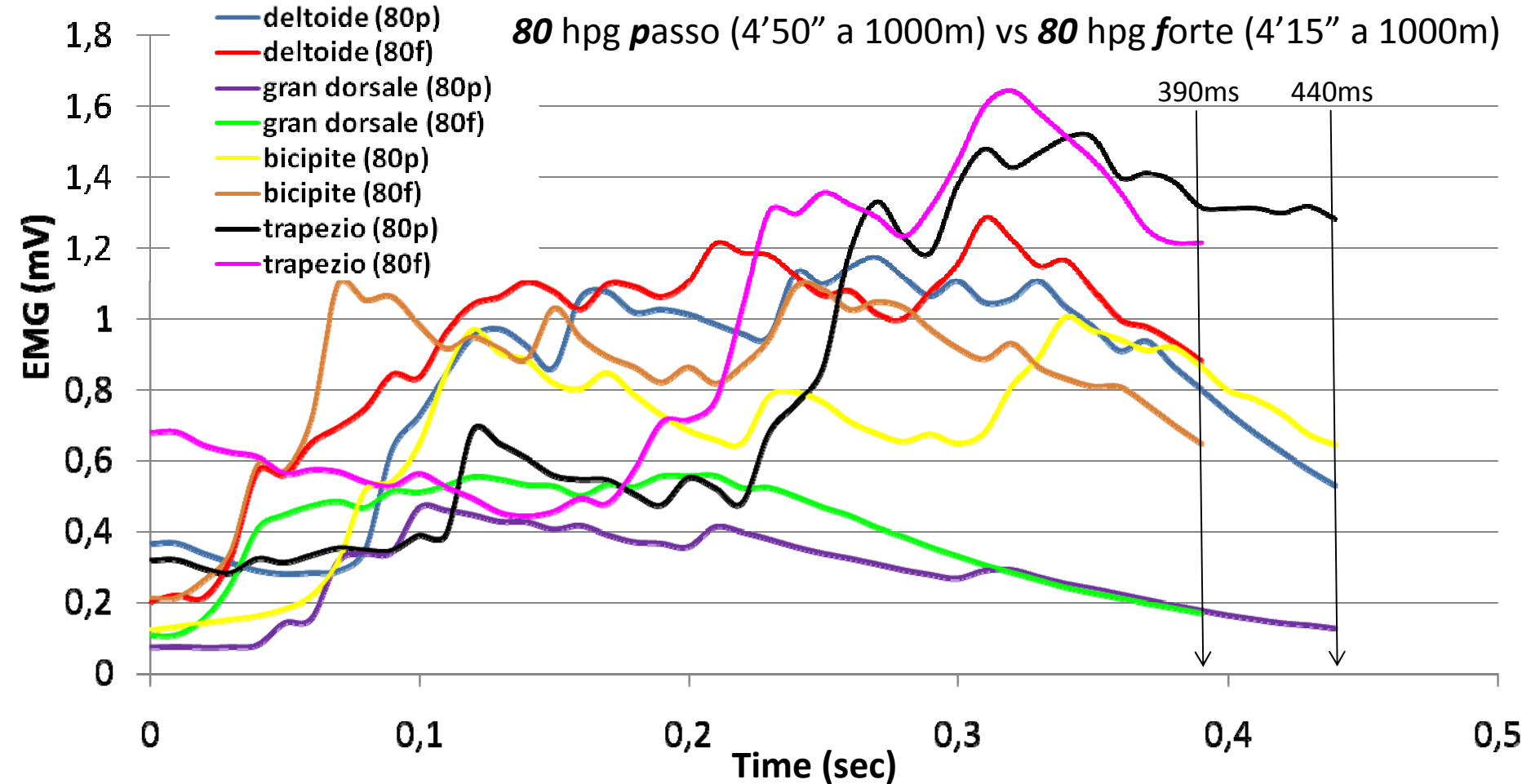
[stesso criterio di analisi precedente]

Confronto barca vs pagaierometro



Nonostante il tempo del singolo colpo sia differente, l'attivazione muscolare messa a confronto mostra la stessa sequenza nell'arrivare al picco massimo di lavoro ossia: DELTOIDE→GRAN DORSALE→BICIPITE→TRAPEZIO. Il colpo in barca presenta salite più rapide rispetto al pagaierometro, dove in parte la pretensione del filo genera un'attività EMG più elevata già nella prima fase della pagaiata. Questo nel kayak non avviene poiché nella fase aerea del colpo vi è solo il peso della pala.

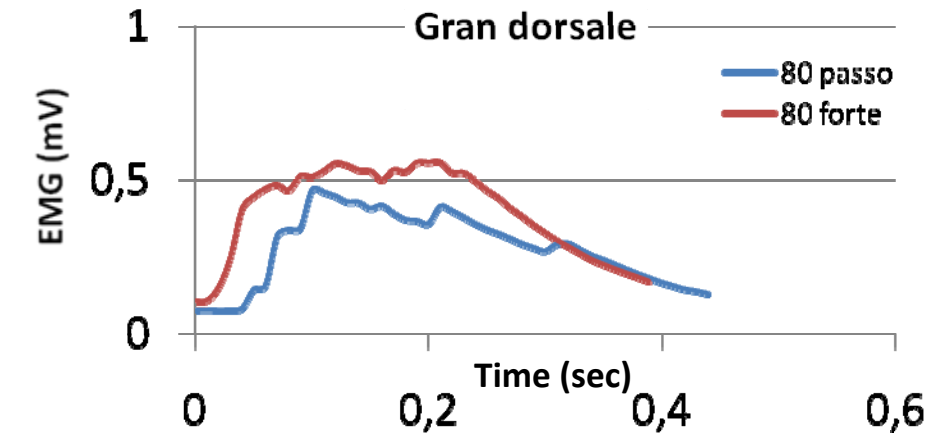
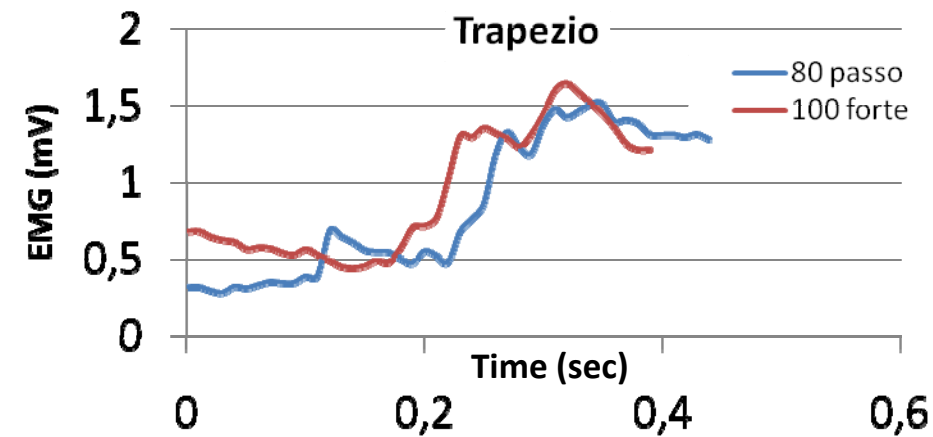
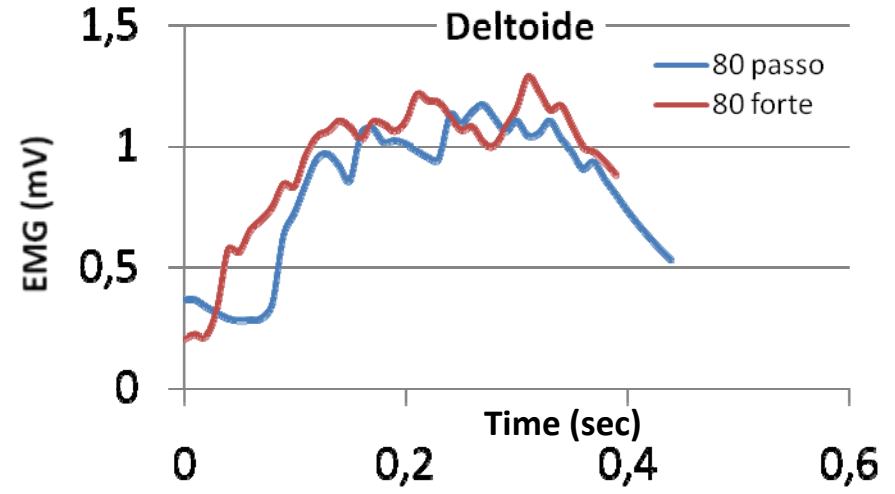
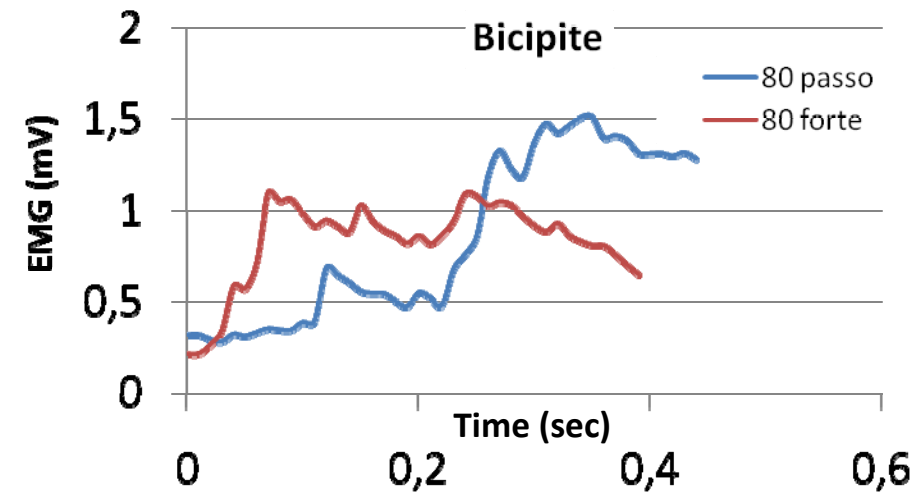
Cosa succede all'attività elettrica sul pagaierometro a diverse HPG??



Il confronto tra questi 4 muscoli nelle due differenti frequenze di pagaia ha evidenziato una maggior attivazione elettrica durante il passo a “80 colpi forte”...

Uno sguardo “analitico” su alcuni muscoli

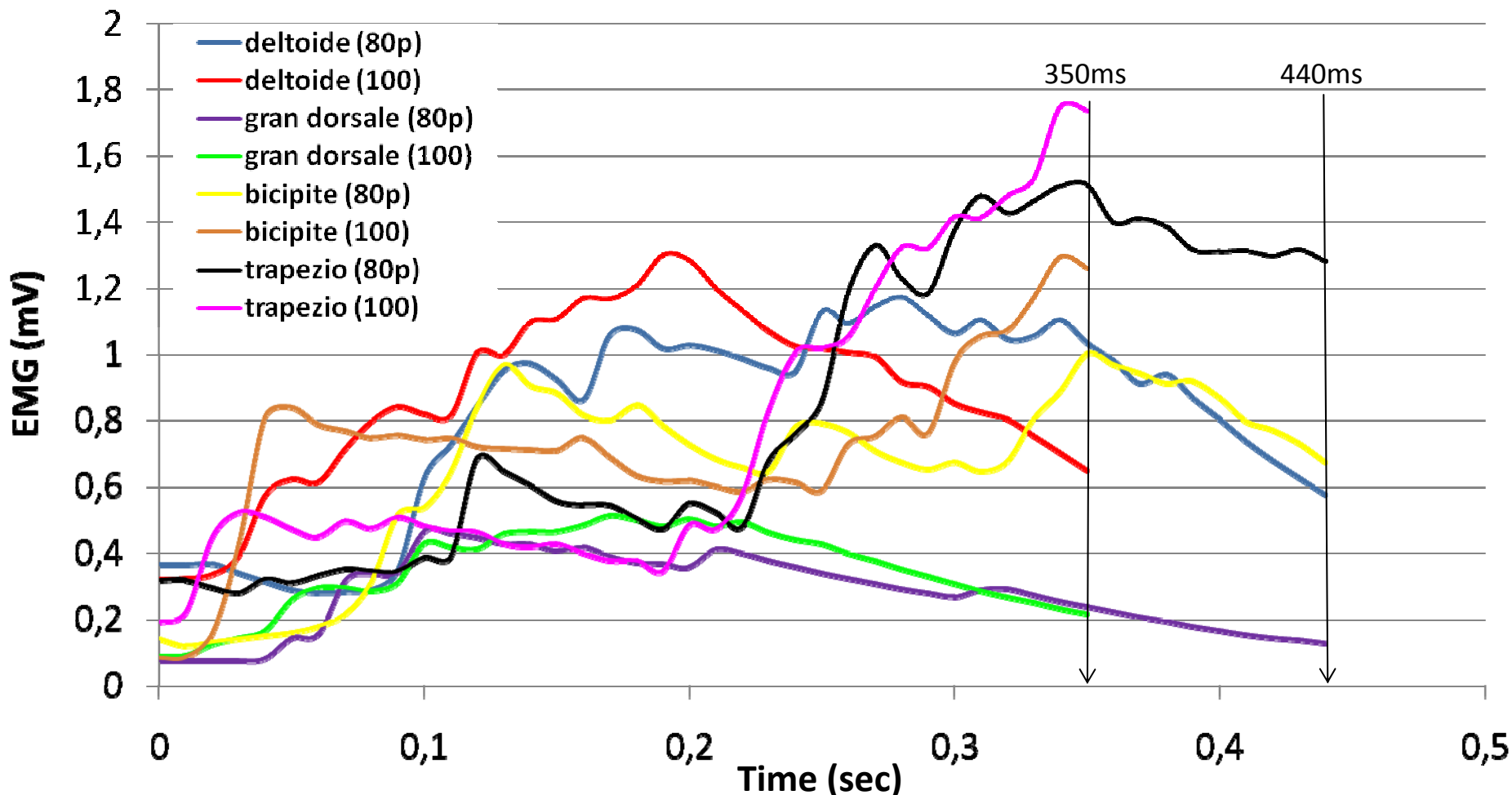
80 hpg *passo* (4'50" a 1000m) vs 80 hpg *forte* (4'15" a 1000mt)



La visione singola del confronto tra i muscoli denota queste differenze percentuali di attivazione:

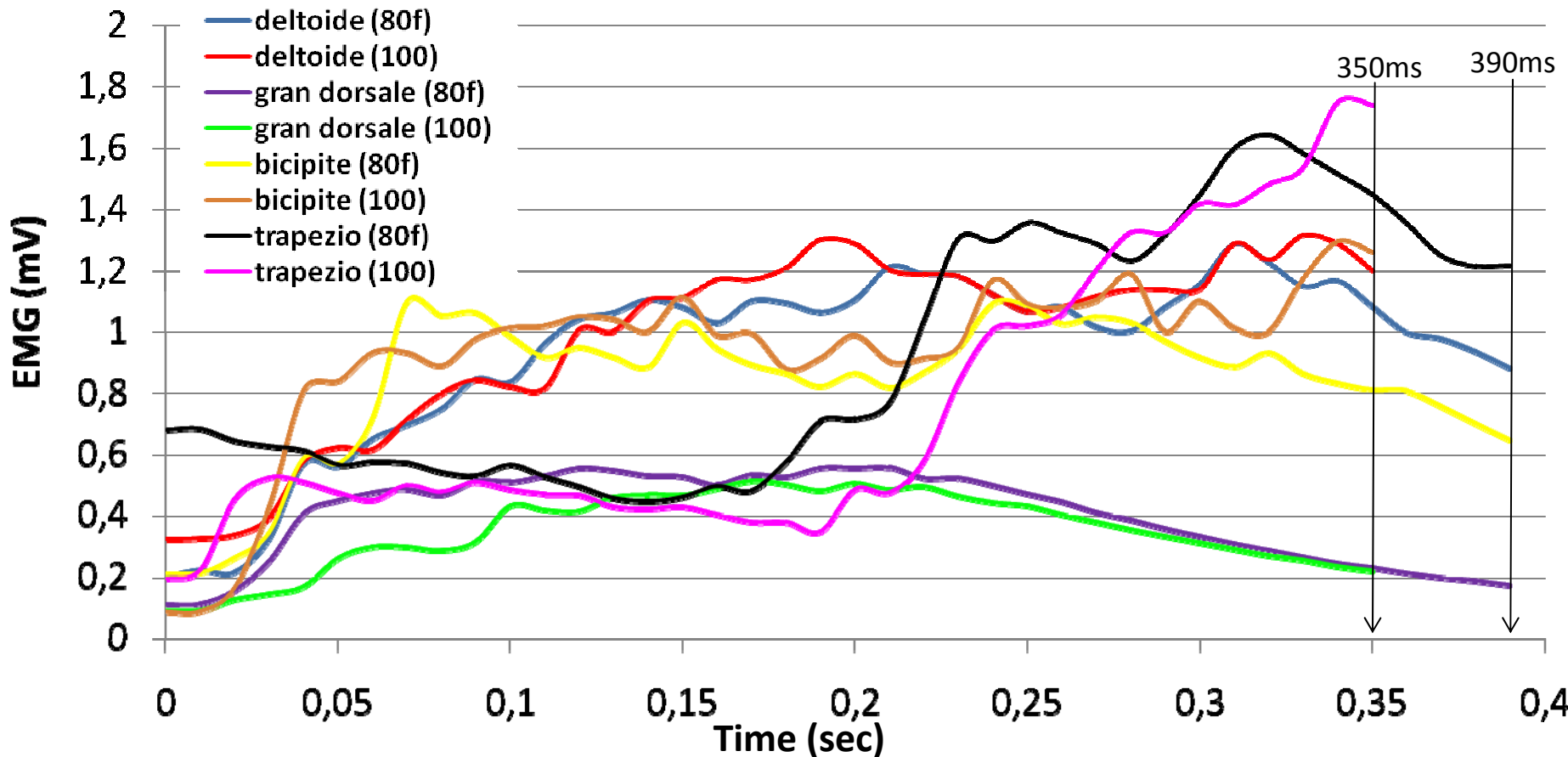
- il bicipite a 80 hpg forte è il 20% *più attivato* del bicipite a 80 hpg passo;
- il deltoide a 80 hpg forte è il 13% *più attivato* quanto il deltoide a 80 hpg passo;
- il trapezio a 80 hpg forte è il 9% *più attivato* del trapezio a 80 hpg passo;
- il gran dorsale a 80 hpg forte è il 30% *più attivato* del gran dorsale a 80 hpg passo.

80 hpg *passo* (4'50" a 1000m) vs 100 hpg (4'15" a 1000mt)



Di conseguenza anche al “passo 1000” dell’atleta si riscontrano simili differenze dell’attività elettrica, con una maggiore attivazione a favore della frequenza di pagaiata a 100 colpi.

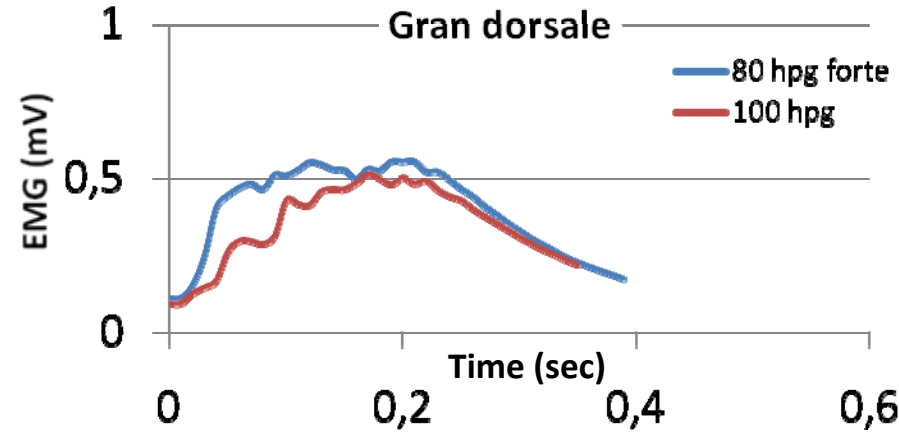
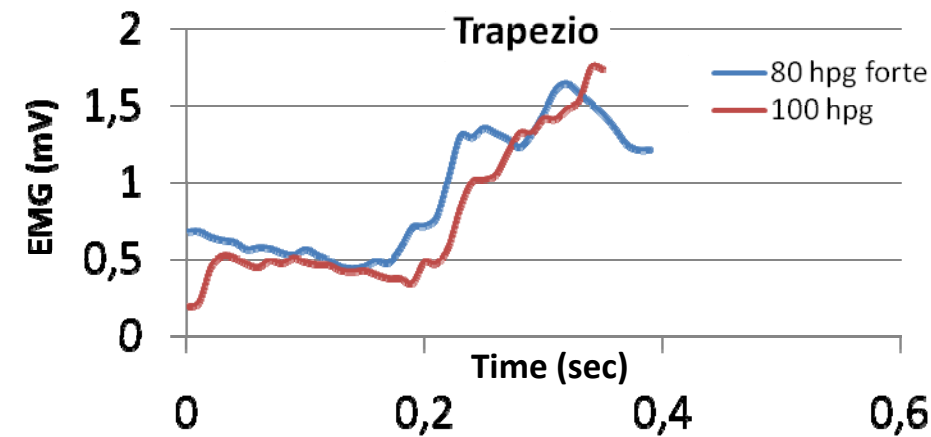
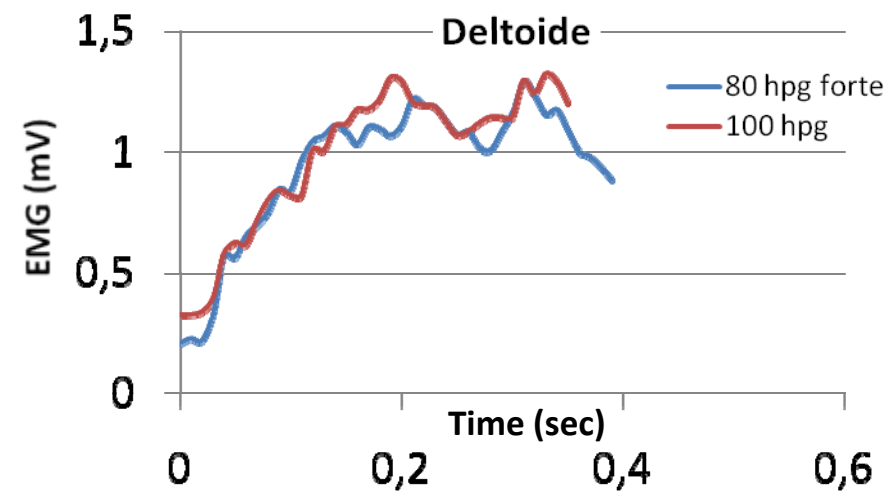
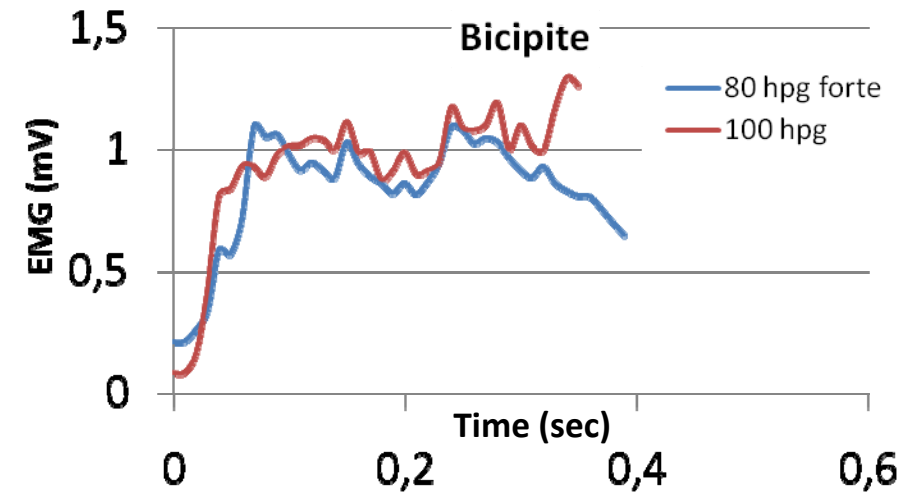
80 hpg forte (4'15" a 1000m) vs 100 hpg (4'15" a 1000mt)



Sapendo che un kayaker per un breve periodo è in grado a “80 colpi forte” di andare alla stessa velocità del suo passo 1000 ($\cong$ 100-105 hpg), notiamo che l’attività elettrica nelle due andature evidenzia però qualche differenza: il **bicipite** risulta più attivato a 100 hpg, mentre **trapezio** e **gran dorsale** hanno una maggiore attività elettrica a 80 hpg forte. Non potendoci fidare completamente dell’analisi quantitativa sul tracciato di inferenza, una maggiore attività elettromiografica deve essere considerata in termini qualitativi (es. il trapezio a 80 hpg forte è più attivato del trapezio a 100 hpg). NB. *Queste differenze non sono assolute, ma variano in funzione della tecnica individuale dell’atleta*

Ancora uno sguardo “analitico” su alcuni muscoli

80 hpg forte (4'15" a 1000m) vs **100 hpg** (4'15" a 1000mt)



La visione singola del confronto tra i muscoli denota queste differenze percentuali di attivazione:

- il bicipite a 100 hpg è il 10% *più attivato* del bicipite a 80 hpg forte;
- il deltoide a 100 hpg è percentualmente *attivato* quanto il deltoide a 80 hpg forte;
- il trapezio a 80 hpg forte è il 23% *più attivato* del trapezio a 100 hpg;
- il gran dorsale a 80 hpg forte è il 14% *più attivato* del gran dorsale a 100 hpg.

Il gesto tecnico al pagaierometro e alcune macchine per la muscolazione...stessa attività elettromiografica??



pagaierometro



lat machine

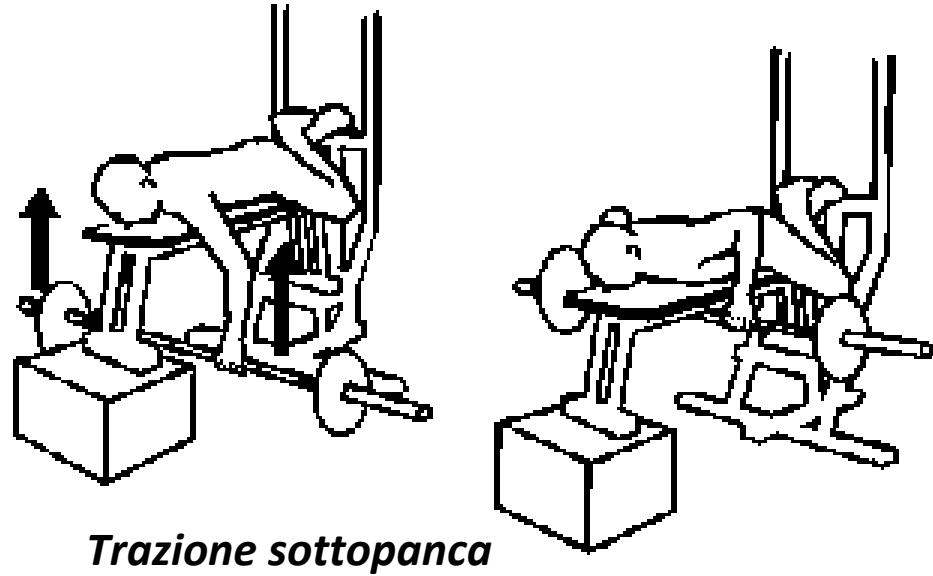


pulley



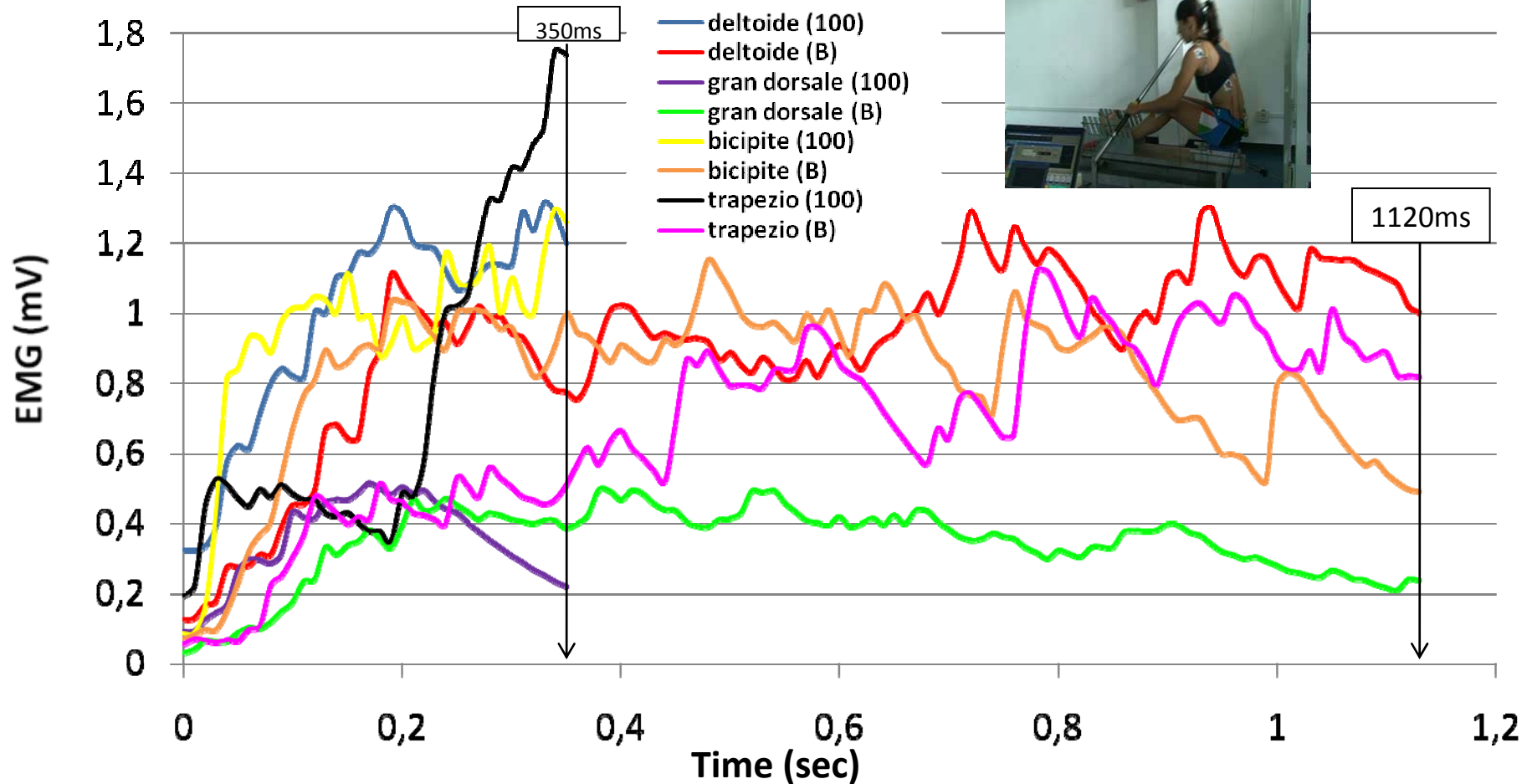
binario

Qual è la scelta più intelligente???



Cosa notiamo tra un colpo al binario e una pagaiata sul

Concept2??



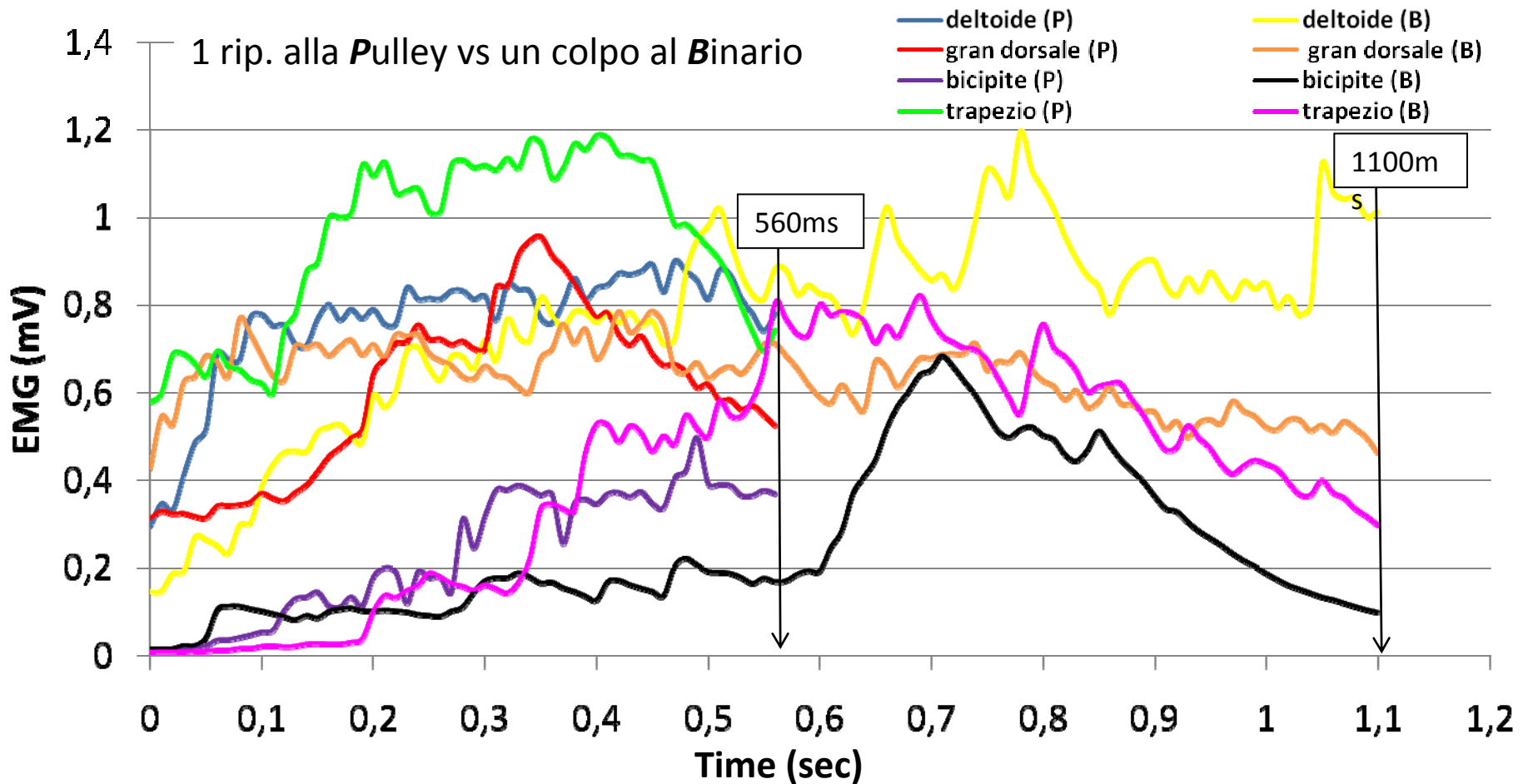
Il tracciato della pagaiata, svolta sul Concept2 alla frequenza di 100 colpi/min mostra (sempre in percentuale) una maggiore attivazione elettrica dei muscoli valutati. Questo non ci deve fuorviare, poiché la notevole differenza di tempo (350ms vs 1120ms del binario) in cui perdura la contrazione muscolare ci indica diversi regimi ed espressioni di forza da utilizzare come strategie nell'allenamento.

Colpo *Binario* vs colpo *Pagaiergometro*

<i>Muscoli</i>	<i>Media EMG (mV)</i>	<i>Tempo (s)</i>	<i>iEMG (mVxs)</i>
Deltoide binario	0,912	1,12	1,02
Deltoide pagaierg.	0,978	0,35	0,342
Gran dorsale binario	0,342	1,12	0,383
Gran dorsale pagaierg.	0,347	0,35	0,121
Bicipite binario	0,806	1,12	0,902
Bicipite pagaierg.	0,925	0,35	0,324
Trapezio binario	0,679	1,12	0,761
Trapezio pagaierg.	0,753	0,35	0,263

Una maggiore attività elettrica (segnale EMG) può essere dovuta ad una elevata frequenza di stimolo. Ma in azioni di durata diversa risulta però non trascurabile il valore dell'iEMG, ossia *l'INTEGRALE dell'EMG*, parametro che sintetizza "l'impulso mioelettrico" e che si ricava dalla media dell'EMG per il tempo. Possiamo notare quindi come questo dato sia più alto nelle ripetizioni al binario.

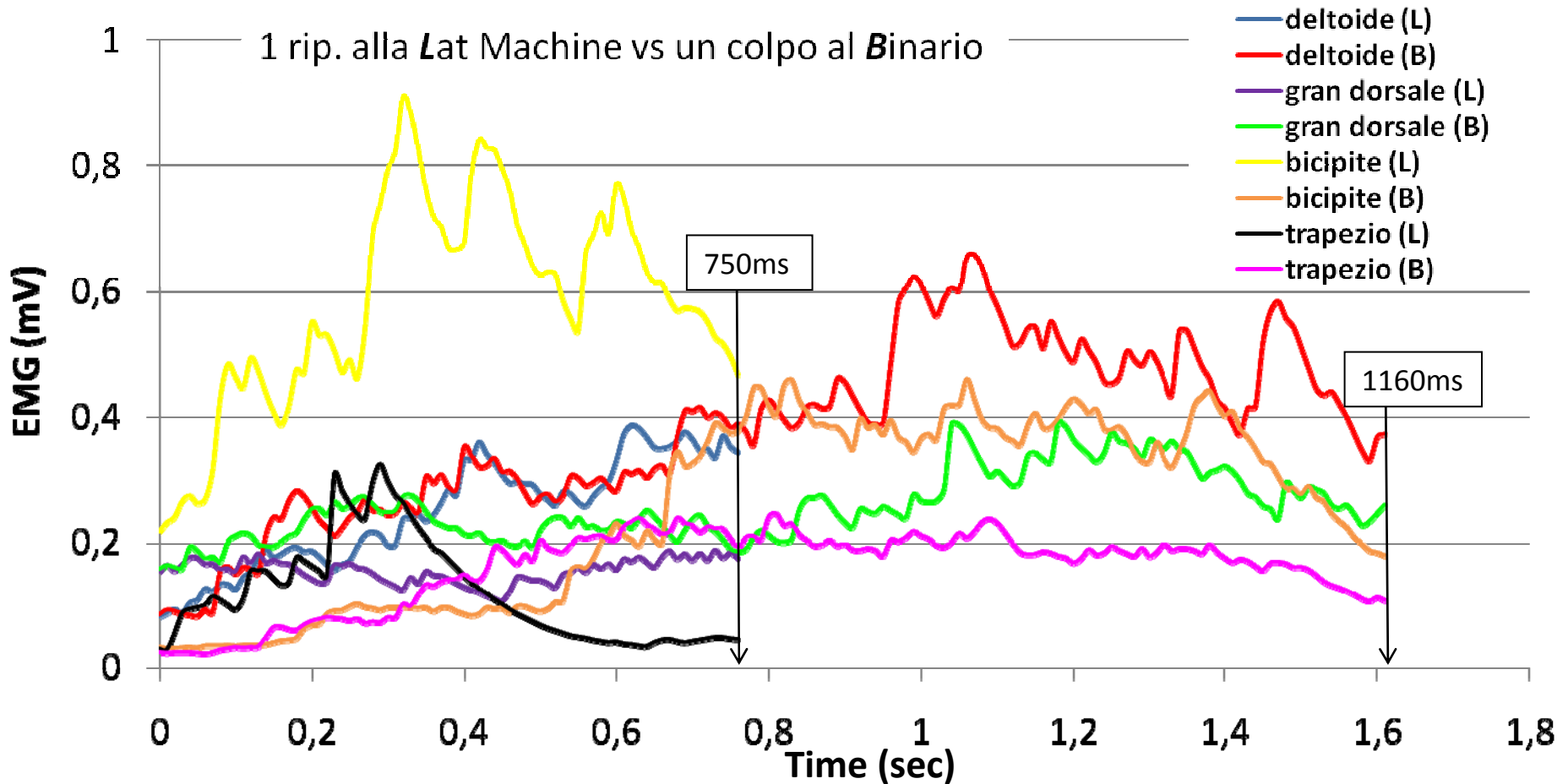
Pulley vs Binario



Se confrontiamo il tracciato EMG di una singola azione alla pulley e al binario, possiamo notare come l'attività elettrica del deltoide e del bicipite sia uguale nei due esercizi; il trapezio è maggiormente attivato alla pulley, mentre il gran dorsale risulta un 6% più attivato nel movimento con torsione tipico del binario. L'EMG non mostra significative differenze tra le due azioni, perciò scegliere una macchina come il binario che sfrutta una catena cinetica simile al movimento del canoista ritengo sia una strategia vincente.

[In tutte le ripetizioni sono stati utilizzati carichi attorno al 70% dell'1RM]

Lat Machine vs Binario



Tra lat machine e binario le differenze sono le seguenti: il bicipite risulta più attivato nell'azione alla lat mentre, nel colpo al binario, il movimento in torsione attiva maggiormente deltoide, trapezio e gran dorsale. L'attivazione così alta da parte del bicipite alla lat machine (in giallo), denota un lavoro troppo accentuato per la muscolatura in questione; allenare ciò nel kayaker, potrebbe tradursi come un "errore tecnico" trasferibile dalla palestra alla barca.

[In tutte le ripetizioni sono stati utilizzati carichi attorno al 70% dell'1RM]

Conclusioni

 La stessa sequenza temporale di attivazione muscolare tra barca e pagaierometro può essere un ottimo spunto per lavori futuri sulla tecnica di pagaiaata, poiché, la correzione di errori sulla vogata potrebbe avvenire dapprima in “stabilità” (pagaierometro) per poi passare alla situazione sport-specifica dove l’equilibrio precario è una condizione costante (kayak);

 L’importanza del gesto tecnico nel kayak olimpico si evidenzia anche dall’analisi del confronto tra la pagaiaata a *80 hpg forte* e *100 hpg*, mostrando differenze individuali sulla maggiore o minore attività elettrica di un muscolo. Questo denota sempre più l’importanza di un allenamento vicino alle frequenze gara che assume rilevanza dal punto di vista COORDINATIVO;

 La scelta degli esercizi da fare in palestra, nell’atleta evoluto, deve allontanarsi il più possibile da movimenti aspecifici (es. trazioni sottopanca), che delineano “pattern di attivazione” lontani dagli stimoli specifici del kayaker. Il confronto e la distinzione tra macchine isotoniche, pesi liberi e quindi esercizi funzionali deve essere il modo di ragionare quando si programma un allenamento. La progressione da seguire deve enfatizzare sempre più il movimento simile alla tecnica, da qui l’utilizzo del binario;

 Il binario e il pagaierometro si differenziano per la diversa durata di ogni singola azione e per la possibilità di modulare il carico in kg (o resistenza nel Concept2). Il binario può essere utilizzato per allenamenti di Forza Massima e con accortezza in azioni di natura intermittente; il Concept2 come simulatore della pagaiaata può assumere, con diverse modalità di esecuzione del colpo, il connotato di macchinario specifico per la tecnica e l’allenamento della Forza Resistente.

L'sEMG in canoa andrebbe sottoposta anche ai muscoli degli arti inferiori come già fu fatto da Colli-Introini nel '95. Il ruolo delle gambe nella pagaiata moderna è fondamentale, essendo l'anello di una catena cinetica che trasferisce forza ai “tiranti” del CORE, quindi, *principio* del successivo movimento torsivo:
gesto tecnico-specifico del kayak olimpico



BIBLIOGRAFIA

Beverley A. T. et al. (2007), *“Shoulder muscle recruitment patterns during a kayak stroke performed on a paddling ergometer”*, Journal of Electromyography and Kinesiology, 17: 74-79.

Bosco, C. (1997) *La forza muscolare. Aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche*, Società Stampa Sportiva (SSS), Roma.

Colli R., Introini E. (1995), *“Confronto elettromiografico tra il colpo gara nel kayak e le macchine per la muscolazione”*, (lavoro non pubblicato, comunicazione personale).

Capousek J.B., Bruggemann P. (a cura di) I.C.F., International Seminar on Canoe-Kayak Coaching and Sciences, *“Comparative electromyographic investigation of specif strength exercises and specific movement in kayak”* (3-4 November 1989 Gent), Belgium, pp. 69-82

De Luca C. J. et al. (1995), *“Effect of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity”*, Journal of Applied Physiology, 78: 23-32.

Merletti R., Parker P. (1998), *“Elettromiografia”*, Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, pp. 130-154.

Melchiorri G. (2003), *“Elettromiografia di superficie. Aspetti metodologici e applicazioni cliniche in Medicina Riabilitativa”*, dispense tratte dal corso di laurea specialistica in “Scienza e Tecnica dello Sport”, Tor Vergata, Roma.

Takagi K. et al. (1967), *“Analytical studies of the kayak paddling: Electromyographic Study”*, Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 16 (4): 14.

Cristian Savoia

Curriculum Vitae

Titolo di studio: Laurea triennale in Scienze Motorie - votazione 110/110 con lode. Iscritto al Master in “Personal Training: basi scientifiche e metodologiche” all’Università degli Studi di Roma Tor Vergata.

Sport praticato: Canoa canadese, presso il settore giovanile del III nucleo atleti Fiamme Gialle dal 1995 al 2004.

Atleta della Polizia di Stato dal 2005 al 2007 presso il centro remiero Fiamme Oro di Sabaudia.

Risultati carriera agonistica: 34 titoli di Campione Italiano (2000÷2007) nelle gare di fondo, maratona e velocità in C1-C2-C4. Argento e oro nel C1 1000 metri all’internazionale “Ruhrregatta” di Bochum (GER) rispettivamente nel 2002 e nel 2003. Campione Europeo (Gdansk-POL) e Mondiale (Valladolid-SPA) di maratona categoria Juniores nell’anno 2003. Finalista ai campionati Europei Under 23 di Plovdiv (BUL) nel 2005 sulla distanza dei 1000 metri.

Esperienze da tecnico: collaborazione con la FICK durante i raduni estivi pre mondiale ed europeo della squadra juniores coordinata dall’allenatrice Elisabetta Introini nel 2007 e nel 2008.

