

L'EEG E LA PERFORMANCE SPORTIVA

COME SI MODIFICA L'ATTIVITA' EEG IN FUNZIONE
DEL TIPO DI ALLENAMENTO AL PAGAIERGOMETRO

Michela Boffelli

Abstract

Nell'ultimo decennio i ricercatori hanno iniziato a studiare le dinamiche di adattamento neuronale e più nello specifico le modificazioni dell'attività cerebrale corticale correlata all'esercizio fisico. In principio gli studi sono stati condotti durante esercizi dinamici più «semplici» quali la camminata, la corsa a bassa intensità e la pedalata ma anche durante attività «statiche» come la pesistica o gli sport di tiro. Negli anni successivi invece le ricerche si sono rivolte verso l'analisi degli adattamenti e delle modificazioni a carattere neurologico durante compiti locomotori ad alto sforzo delle più svariate discipline sportive ma, dalle mie ricerche, non risultano studi nell'ambito canoistico.

Il mio obiettivo è stato quello di sperimentare uno studio sulle eventuali modificazioni dell'attività elettrica cerebrale corticale correlate all'utilizzo del pagaierometro ponendo una particolare attenzione alle eventuali differenze dovute a sforzi di tipo aerobico o massimale.

L'esperimento è stato possibile grazie all'aiuto dei ragazzi della squadra over 14 della Canottieri Ticino di Pavia.

LE MIE FONTI

- ▶ Tramite l'aiuto di PubMed mi sono documentata sui tantissimi studi che testimoniano l'importanza dell'aspetto neuromuscolare nel campo dell'allenamento sportivo ed anche sull'utilizzo dell'EEG come metodo di indagine sugli effetti a breve e lungo termine dell'attività fisica sul sistema nervoso centrale (SNC).
- ▶ PubMed è una banca dati biomedica accessibile gratuitamente on line che contiene circa 16 milioni di citazioni di articoli scientifici, di ambito biomedico o di scienze affini, dagli anni '50 del Novecento ad oggi.
- ▶ Ovviamente ognuno di questi studi veniva supportato da importanti centri di ricerca o istituti universitari in grado di fornire ai ricercatori materiali e strumenti di altissimo livello, cosa che purtroppo non è stata possibile nel mio caso. Nonostante le difficoltà incontrate sono comunque riuscita a costruire un mio piccolo e semplice esperimento nella speranza che un domani possa diventare la base di uno studio più ampio ed esaustivo.
- ▶ Prima di illustrare il mio esperimento voglio riportare le conclusioni di alcuni degli studi che mi hanno colpito maggiormente poiché hanno mostrato il fascino di alcuni aspetti neurologici che stanno alla base di tanti nostri comportamenti ma che ignoriamo.

ALCUNI ESEMPI PER STIMOLARE UN PO' LA CURIOSITÀ...

Nella sua lettura sugli adattamenti neuronali indotti dall'attività fisica cronica («Neural adaptation with chronic physical activity», 1997, University of Colorado -USA-) R.M. Enoka elenca una serie di evidenze scientifiche tratte da studi precedenti che dimostrano quanto sia fondamentale l'aspetto neuronale sulle prestazioni sportive. [1]

- ▶ **L'aumento della Forza** (*Hickson et al 1994 [2], Jones e Rutherford 1987 [3], Komi 1986 [4], McCartney et al 1988 [5], Narici et al 1989 [6], Ploutz et al 1994 [7]*)

L'aumento di forza che si verifica nelle prime settimane di allenamento precede un significativo aumento della massa **MB1** colare.

- ▶ **Il fenomeno del cross-education** (*Enoka 1988 [8]*)

L'aumento della forza non è limitato ai muscoli allenati ma può diffondersi all'arto controlaterale **MB2** llonato.

- ▶ **L'immobilizzazione** (*Duchateau e Hainaut 1987 [9]*)

Dopo immobilizzazione si riduce la capacità di attivare i muscoli con un comando volontario ma la diminuzione dal punto di vista «neuronale» è inferiore e la ripresa **MB3** apida.

- ▶ **La Tecnica di Interpolazione di twitch** (*Merton 1954 [10], Newham et al 1991 [11], Adams et al 1993 [12], Fischer et al 1990 [13], Flackenstein et al 1993 [14], Yue et al 1994 [15]*)

Valuta l'attivazione del muscolo durante contrazione muscolare volontaria e dopo stimoli elettrici applicati: potremmo fare di più ma basterà **MB4** meno.

- ▶ **Immaginazione e Realtà** (*Yue e Cole 1992 [16]*)

Studio su soggetti allenati con l'immaginazione di contrazioni volontarie massime a sostegno della funzionalità dei meccanismi **MB5** ironali.

- ▶ **Il deficit del controlaterale** (*Ohtsuki 1983 [17], Schantz et al 1989 [18], Secher et al 1978-1988 [19]*)

La forza massima che un muscolo può esercitare diminuisce se attivo contemporaneamente il muscolo omologo **MB6** aterale.

- ▶ **Il Compito specifico** (*Rube e Secher 1990 [20]*)

L'adattamento neuronale è indotto da un compito specifico ed è specifico **MB7** per un movimento.

Diapositiva 4

- MB1** se ad esempio poniamo un allenamento per la forza di 10 settimane inizierò ad avere un aumento della forza già dopo 3 settimane mentre per vedere un aumento della massa muscolare ne devo aspettare 8
Michela Boffelli; 19/04/2018
- MB2** quando i muscoli di un arto sono soggetti ad un piano di allenamento per la forza l'omologo muscolo controlaterale ha un aumento della forza del 10-15% senza modificazioni da parte delle fibre muscolari.
Michela Boffelli; 19/04/2018
- MB3** Esperimento su 8 pz con immobilizzazione della mano per 6 settimane. Dopo rimozione del gesso La Forza volontaria dell'abduktore del pollice risulta diminuita del 55% ma da stimolazioni nervose elettriche passive si rileva che in realtà la capacità contrattile del nervo è diminuita solo del 30% e successivamente la ripresa alla normalità è stata poi rapida (circa 1 settimana).
Michela Boffelli; 19/04/2018
- MB4** La capacità di attivazione muscolare massimale volontaria varia per molteplici aspetti: Capacità soggettive, tipo di sforzo e muscolo interessato. La tecnica dell'interpolazione di twitch è in grado di valutare la percentuale di muscolo attivata durante sforzo volontario: il soggetto attiva il muscolo e l'attivazione viene registrata tramite emg, in contemporanea viene erogata una scarica elettrica che stimola le ventuali fibre muscolari residue non attivate e si vede la differenza. Tramite questa tecnica è stato dimostrato che, non tutti siamo in grado di attivare al 100% un muscolo e su uno studio di 100 attivazioni massimali in media viene esercitato il 100% della forza solo nel 25% delle ripetizioni. Non tutti i muscoli sono attivabili al 100% (questo anche passivamente) e anche il tipo di sforzo (Isometrico, isocinetico ecc) può influenzare il risultato. Però...uno studio che si basa sul tempo di rilassamento trasversale del muscolo visto alla RMN: Basterebbe la contrazione del 71% dell'area della sezione trasversa del muscolo per ottenere la contrazione massima possibile. Questo vuol dire che una considerevole parte di muscolo potrebbe essere lasciata a riposo con tantissime conseguenze tra cui una minor produzione di acido lattico, minore fatica ecc ecc
Michela Boffelli; 19/04/2018
- MB5** 5 volte la settimana per 4 settimane allenamenti di forza massima effettuati col muscolo abduktore del V dito; 2 gruppi; il primo gruppo effettuava esercitazioni effettive mentre il secondo doveva immaginare la contrazione. Il risultato è stato un effettivo aumento di forza del 30% sul primo gruppo mentre sul secondo c'è stato un aumento di forza del 22% senza alcuna variazione dal punto di vista dell'ipertrofia. Non solo, c'era un miglioramento del controlaterale non allenato in misura del 14,4 % per il primo gruppo e del 10,5% del secondo gruppo.
Michela Boffelli; 19/04/2018
- MB6** questo deficit viene definito deficit bilaterale ed è interessante notare che ciò non accade se invece contraggo un controlaterale non omologo. Ciò si verifica soprattutto con le contrazioni rapide. E' stato dimostrato che il lavoro cronico aiuta a superare questo deficit.
Michela Boffelli; 19/04/2018
- MB7** se ad esempio faccio un allenamento specifico come gli squat su due gambe il risultato sarà che avrò una maggiore resistenza e minore affaticabilità utilizzando le 2 gambe, se lo faccio su una sola gamba le cose cambiano. Ovviamente esercitandomi con una sola succederà il contrario.
Michela Boffelli; 20/04/2018

TORNANDO AL MIO ESPERIMENTO...

Partendo da presupposti tratti da dimostrazioni scientifiche precedenti, l'obiettivo della mia ricerca è quello di dimostrare che un compito al pagaiergometro del tipo «forza massimale» provoca un temporaneo ed immediato incremento della frequenza individuale del picco alfa (iAPF - Individual Alpha Peak Frequency) in modo maggiore rispetto ad un lavoro di tipo aerobico a bassa intensità. Tutto questo tramite l'utilizzo di un esame diagnostico di ambito neurologico molto semplice: L' elettroencefalogramma (EEG).

MA...

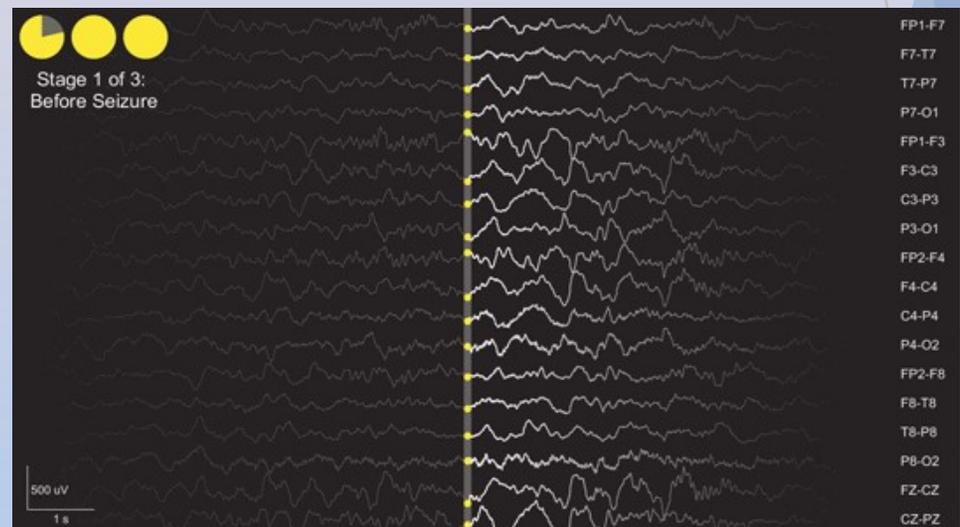
- ▶ **COS'E' L'EEG ?**
- ▶ **COS'E' L' iAPF ?**
- ▶ **A COSA CI SERVE DIMOSTRARE TUTTO QUESTO ?**

Cos'è l'EEG?

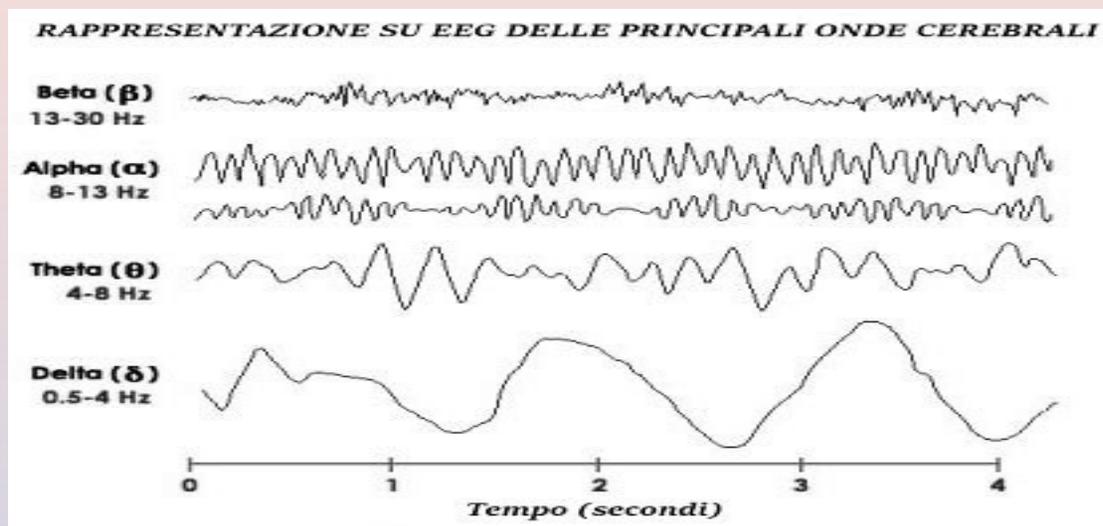


L'elettroencefalogramma (EEG) registra l'attività elettrica cerebrale tramite elettrodi di superficie posizionati sulla testa. La continua fluttuazione della normale attività cerebrale induce tra vari punti del cuoio capelluto piccole differenze di potenziale elettrico (milionesimi di volt, microvolt) che vengono amplificate e registrate normalmente per alcuni minuti.

Si ottiene in questo modo un tracciato che segna per ciascun elettrodo le variazioni del voltaggio nel tempo. Gli elettrodi vengono montati secondo uno schema fisso (sistema 10-20) su tutte le parti del cuoio capelluto. Ogni elettrodo riflette l'attività della parte cerebrale più vicina in questo modo l'EEG è in grado di fornire informazioni sia su attività elettriche anomale che sulla loro localizzazione. [21]



I principali «ritmi» di interesse dell'EEG:



- Onde **Alfa** che hanno una frequenza di 8 – 12 cicli al secondo, sono presenti solo nello stato di veglia quando gli occhi sono chiusi ma si resta mentalmente in stato d'allerta. Le onde Alfa di solito scompaiono con l'attività visiva o concentrazione mentale.
- Onde **Beta** che hanno una frequenza da 13 a 30 cicli al secondo, sono normalmente riscontrate quando si è in stato d'allerta o sono state assunte alte dosi di certi farmaci, come benzodiazepine o farmaci anticonvulsivanti
- Onde **Theta** che hanno una frequenza da 4 – 7 cicli al secondo, sono normalmente trovate solo nei bambini o durante il sonno.
- Onde **Delta** che hanno una frequenza di meno di 3 cicli al secondo, sono normalmente riscontrate nei lattanti e durante il sonno. [21]

COS'E' L'iAPF?

«Indice di frequenza del picco alfa individuale»

E' definito come il valore di potenza massima nello spettro di frequenza EEG tra 7,5 e 13 Hz (Klimesch, 1999 [22]) ed è un indice dello stato di attivazione ed attenzione dell'individuo.

Per gli adulti sani l'i APF si trova tra 9,5 e 11,5 Hz (Klimesch, 1999 [23]) e le differenze interindividuali sono state attribuite a fattori genetici (Smit et al., 2006 [24]; Bodenmann et al., 2009 [25]).

Un i APF più elevato rifletta uno stato di "preparazione cognitiva" (Angelakis et al. 2004 [26]) e si riferisce a un tratto o stato del cervello che pone le basi per una performance cognitiva ottimale.

L'EEG consente di quantificare l'iAPF durante e dopo l'esercizio fisico. Fra i tanti studi che hanno esaminato la relazione tra l'esercizio fisico e l'iAPF questo è quello che ho scelto come traccia:

Hindawi Publishing Corporation
Neural Plasticity
Volume 2015, Article ID 717312, 6 pages
<http://dx.doi.org/10.1155/2015/717312>



Hindawi

Research Article

Effects of Physical Exercise on Individual Resting State EEG Alpha Peak Frequency

Boris Gutmann,¹ Andreas Mierau,¹ Thorben Hülsdünker,¹ Carolin Hildebrand,¹ Axel Przyklenk,¹ Wildor Hollmann,² and Heiko Klaus Strüder¹

¹Institute of Movement and Neurosciences, German Sport University Cologne, 50933 Cologne, Germany

²Institute for Cardiology and Sports Medicine, German Sport University Cologne, 50933 Cologne, Germany

Correspondence should be addressed to Andreas Mierau; mierau@dshs-koeln.de

Received 17 September 2014; Accepted 21 December 2014

Academic Editor: Rajnish Chaturvedi

Copyright © 2015 Boris Gutmann et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

«Effetti dell'esercizio fisico sull'attività EEG individuale a riposo, Frequenza del picco alfa» [27]

Questo studio ha esaminato gli effetti dell'esercizio fisico sull'attività EEG ponendo un contrasto tra esercizi in regime stazionario ed intenso.

10 soggetti volontari di sesso maschile abituati ad una costante attività fisica non specifica per uno sport hanno completato un protocollo di allenamento/registrazione EEG col cicloergometro che prevedeva:

TABLE 2: Descriptive statistics of the individual alpha peak frequency (Hz) before exercise (pre), immediately after exercise (post), and after 10 min of rest (post'10) following exercise.

MB8

MB11

Conclusione:

Si conclude che l'iAPF, marker neurofisiologico per lo stato di eccitazione e attenzione dell'individuo, è aumentato dopo un intenso esercizio fisico. In contrasto con l'intenso esercizio fisico, l'iAPF è rimasto invariato dopo 30 minuti di esercizio in regime stazionario, e non è alterato dopo quattro settimane di allenamento in condizioni stazionarie, nonostante i miglioramenti della forma fisica. Il modello cumulativo di risultati indica una relazione dose-risposta tra esercizio fisico e iAPF che deve essere ulteriormente studiata in quanto può avere importanti implicazioni per le raccomandazioni di esercizio per promuovere la salute e la cognizione del cervello.

Diapositiva 9

MB8 2 SEDUTE DI ALLENAMENTO T1 E T2, LA T1, SUDDIVISA A SUA VOLTA IN 2 MOMENTI PREVEDEVA REGISTRAZIONE DI EEG PER 2 MINUTI, ALLENAMENTO DI TIPO MASSIMALE, E SUCCESSIVAMENTE 2 REGISTRAZIONI, UNA IMMEDIATAMENTE DOPO L'ESERCIZIO E UNA DOPO 10 MINUTI, POI ANCORA, BASALE, ESERCIZIO TIPO STEADY STATE (NELLO SPECIFICO 30 MINUTI AL 50% DELLE POTENZA MASSIMA CON f_c AL 65-70%, MONITORAGGIO DEL LATTATO) SUCCESSIVAMENTE UNA SESSIONE DI ALLENAMENTI (TOT 9) TIPO STEADY STATE E POI t" CHE ERA COME t1 PERÒ INVERTITO

Michela Boffelli; 02/05/2018

MB11 SULLE ORDINATE Y iAPF, SULLE ASCISSE I MOMENTI DELL'ESERCIZIO, QUADRATINO ESERCIZIO STEADE STAE E PALLINO ESERCIZIO ESAUSTIVO, COME SI PUÒ VEDERE L'iAPF AUMENTA DOPO ESERCIZIO FISICO IN ENTRAMBE LE MODALITÀ DI SFORZO, PERÒ, DOPO 10 MINUTI NEL CASO DELL'ESERCIZIO ESAUSTIVO SI NOTA UN ULTERIORE INCREMENTO DELL'iAPF MENTRE PER L'ESERCIZIO STEADY STATE UN DECREMENTO.

Michela Boffelli; 02/05/2018

IL MIO ESPERIMENTO

MATERIALI E METODI

Gruppo di 11 RAGAZZI 3 femmine e 8 maschi delle categorie RAGAZZI-JUNIOR-SENIOR
Le registrazioni sono state effettuate con montaggio a 6 canali posti sul cuoio capelluto secondo sistema internazionale 10/20, (T3-T4, C3-C4, O1-O2, referenza e terra) impedenze elettroderiche al di sotto di 5 kOhm. E' stato monitorato il battito cardiaco tramite canale ECG. I dati EEG sono stati campionati a 1000 Hz e sono stati filtrati digitalmente passa-banda (passa-alto 2 Hz, passa-basso 120 Hz). E' stata utilizzata un apparecchiature EEG portatile Micromed.

SVOLGIMENTO:

PRIMA GIORNATA

- Dopo aver eseguito il montaggio EEG viene effettuata una prima registrazione di EEG basale della durata di 2 minuti. Ragazzo seduto ad occhi chiusi in completo rilassamento.
- Successivamente al ragazzo viene richiesto di effettuare 10-13 minuti di attività aerobica al pagaierometro. Viene richiesta una particolare attenzione nell'effettuare uno sforzo di tipo non massimale ma blando e controllato.
- Immediatamente dopo l'esercitazione sul pagaierometro viene effettuata la seconda registrazione EEG di 2 minuti. La traccia ECG funge da monitoraggio: rimanendo costante testimoniava che l'esercizio svolto non era di tipo massimale.

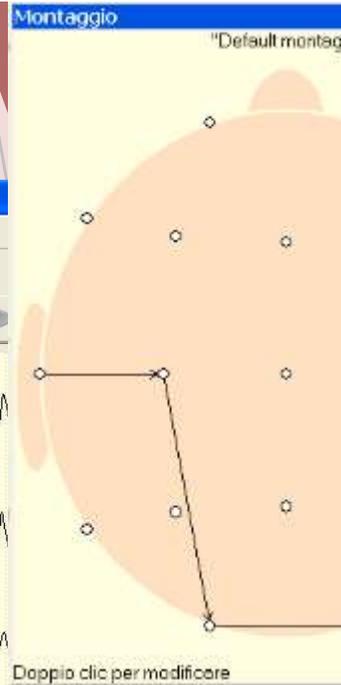
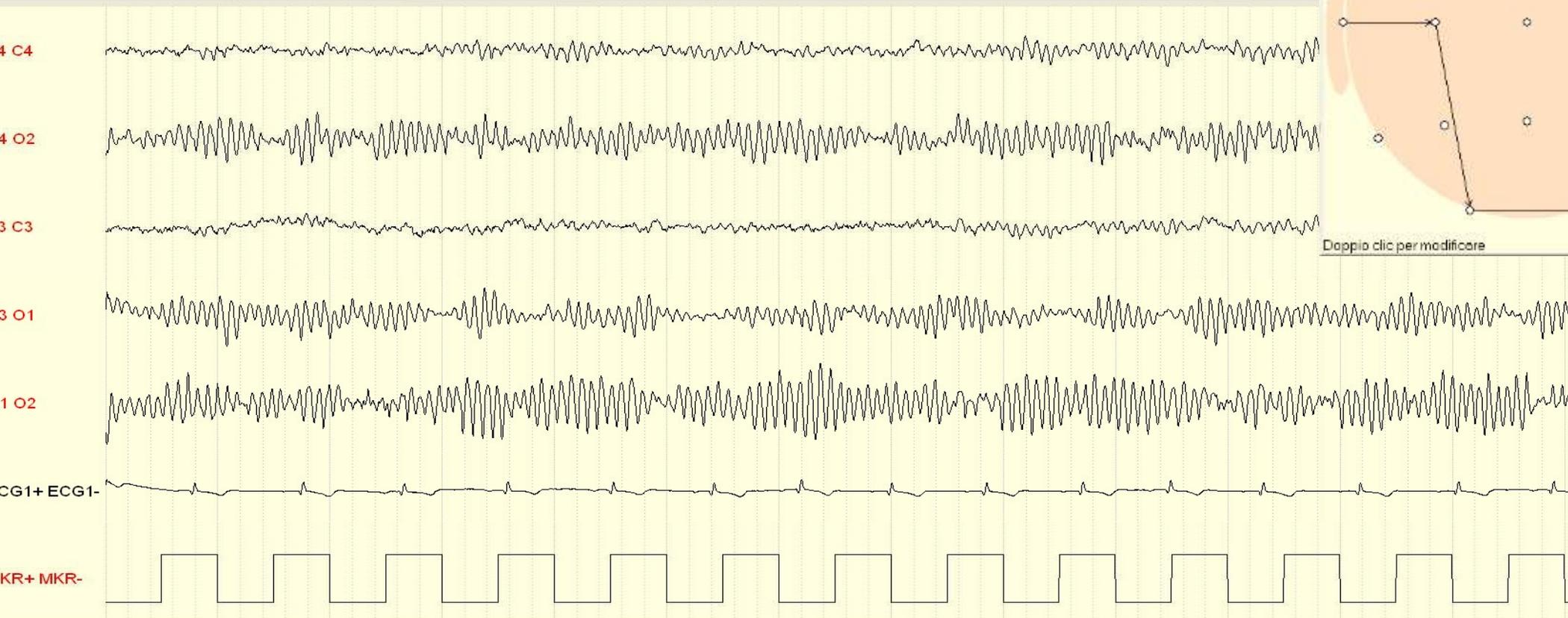
Elettroencefalogramma basale a riposo

SystemPLUS EVOLUTION - [A, T 24/04/2018 19.12 (Visualizza Tracciato EEG)]

File Modifica Acquisisci Analizza Referenza Strumenti Muovi Finestra Guida



Arial 12 0,530 Hz 70 Hz 15 s 70 μ V/c 20-Default m Ω



Time: 00.00.04.0
Date: 24/04/2018



start SystemPLUS EV... SystemPLUS EV... Risultati ricerca Immagine - Paint

Elettroencefalogramma dopo sforzo aerobico non massimale

SystemPLUS EVOLUTION - [A, T 24/04/2018 19.27 (Visualizza Tracciato EEG)]

File Modifica Acquisisci Analizza Referenza Strumenti Nuovi Finestra Guida



Verdana 10 B I U T₁ 0,530 H: 70 Hz 15 s 70 μ V/c 20-Default n



Time: 00.02.37.0
Date: 24/04/2018



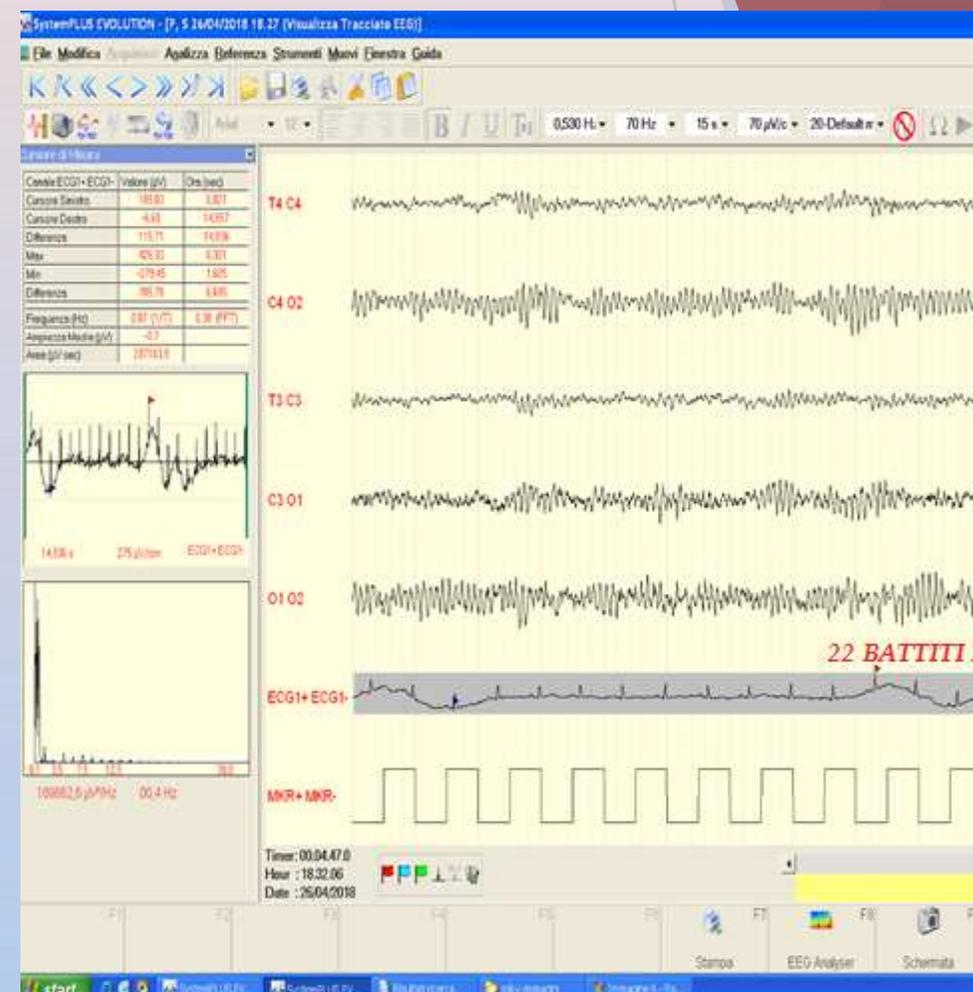
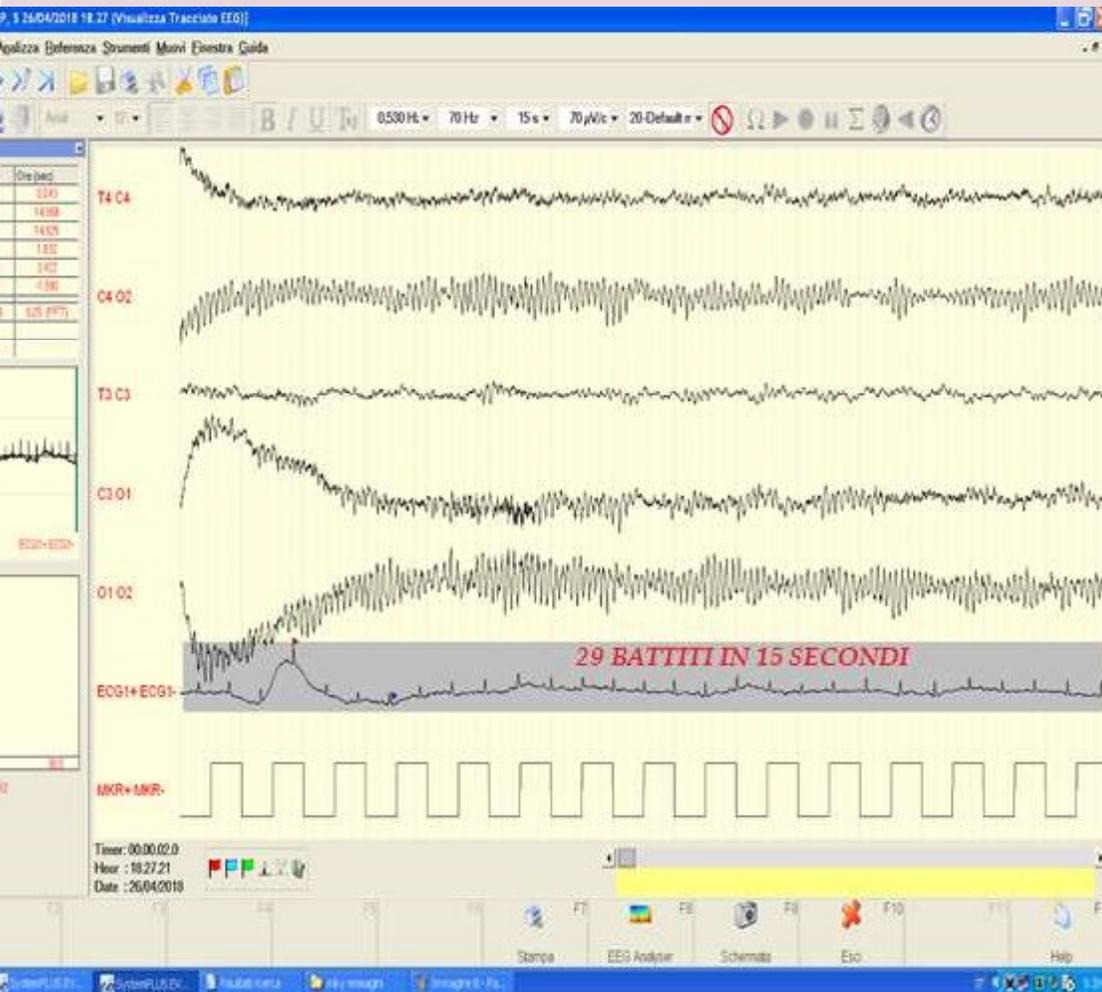
F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F10

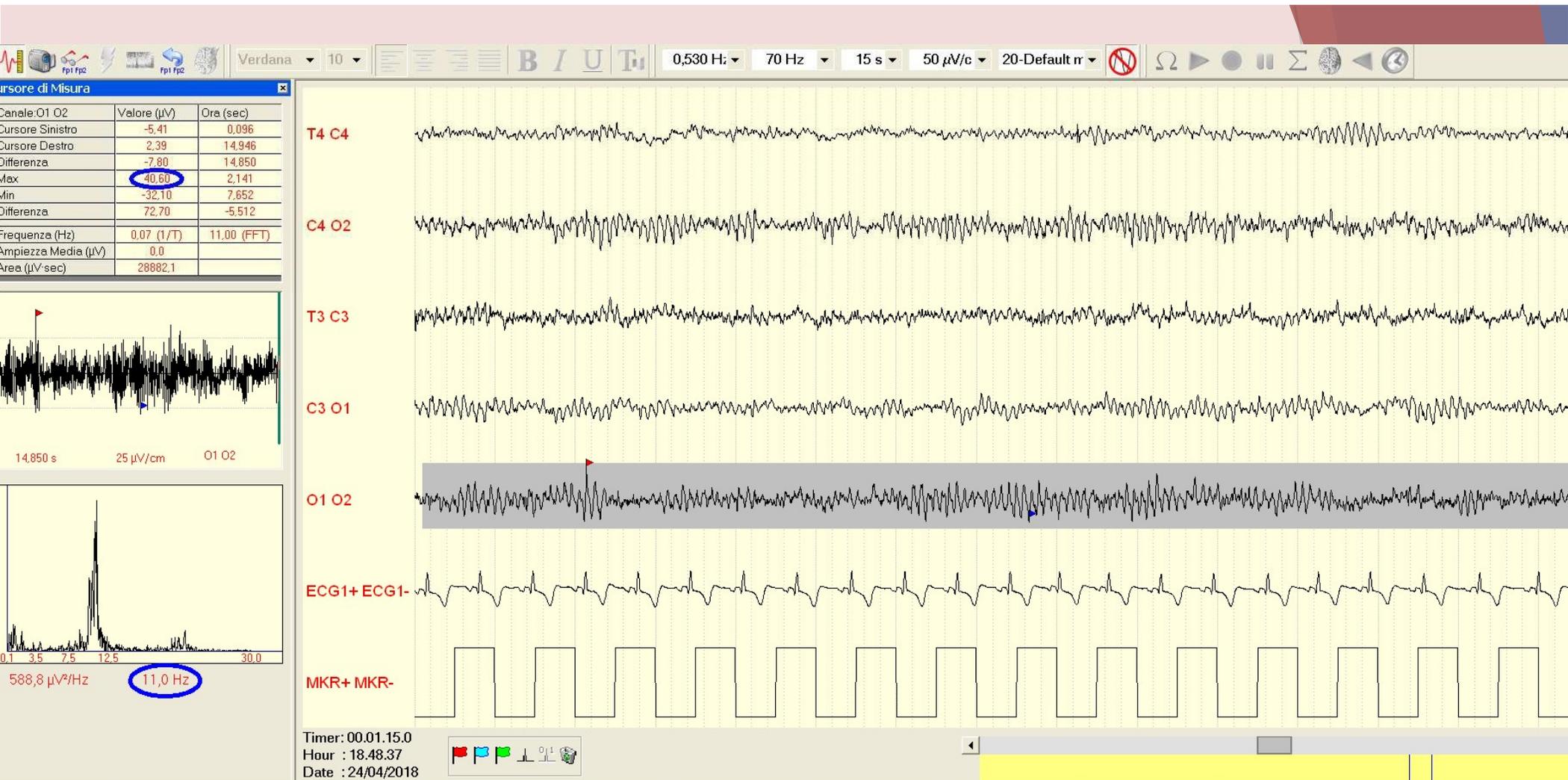
Stampa EEG Analyser Schermata Esci

start SystemPLUS EV... SystemPLUS EV... Nuovo OpenDo... Disco rimovibile ...

SECONDA GIORNATA

- Dopo aver eseguito il montaggio viene chiesto al ragazzo di effettuare 200 mt al pagaierometro ad esaurimento.
- Immediatamente dopo l'esercitazione registrazione di 5-8 minuti fino al ristabilizzarsi della normale attività cardiaca





Cosa vado a misurare?

AMPIEZZA MASSIMA DEL RITMO ALFA

FREQUENZA DEL RITMO ALFA

RISULTATI

BASALE

	i APF	MA
PS	10,5	33,72
AT	11,95	56,98
RB	12	22,28
CE	11,4	30,15
DL	10,5	37,5
MF	11,1	18,5
ZA	10,6	25,87
SS	11,0	29,18
MR	10,0	31,38
ZE	12,0	37,27
PV	11,2	55,69
M	11,11	34,41

DOPO SFORZO AEROBICO

	i APF	MA
PS	11,0	35,74
AT	12,0	54,19
RB	11,8	20,58
CE	11,2	27,04
DL	10,6	31,66
MF	11,6	19,05
ZA	11,0	20,81
SS	11,0	24,54
MR	10,0	35,53
ZE	12,0	35,92
PV	11,3	64,09
M	11,22	33,55

DOPO SFORZO MASSIMALE

	i APF	MA
PS	10,4	44,72
AT	13,3	60,10
RB	12,2	20,45
CE	11,5	37,57
DL	11,1	39,52
MF	12,5	25,89
ZA	-	-
SS	11,00	24,10
MR	-	-
ZE	-	-
PV	12,0	66,88
M	11,75	39,90

DOVE IL VALORE IN ROSA RAPPRESENTA LA MEDIA DEI VALORI DI i APF MASSIMI RILEVATI IN OGNI RAGAZZO NELLE 3 PROVE
IL VALORE IN VERDE INVECE IDENTIFICA LA MEDIA DEI VALORI MEDI DEI PICCHI DI AMPIEZZA (M_{dM}) RILEVATA IN OGNI RAGAZZO NELLE 3 PROVE

RISULTATI

APF

1° alla 2° registrazione:

Per 6 ragazzi su 11 c'è stato un aumento dell'i APF dalla registrazione basale a quella dopo sforzo aerobico

Per 2 ragazzi su 11 l'i APF è invece diminuito

Per 2 su 11 è rimasto invariato

MEDIA L'i APF risulta **LIEVEMENTE AUMENTATO** (0.11 punti) dalla registrazione in condizioni basali a quella dopo sforzo aerobico.

1° alla 3° registrazione:

Per 6 ragazzi su 8 c'è stato un aumento dell'i APF dalla registrazione basale a quella dopo sforzo massimale (per 4 di loro in modo notevole)

Per 1 ragazzi su 8 l'i APF è invece diminuito

Per 1 su 8 è rimasto invariato

MEDIA L'i APF risulta **NOTEVOLMENTE AUMENTATO** (0.64 punti) dalla registrazione in condizioni basali a quella dopo sforzo massimale

1° alla 3° registrazione:

Per 6 ragazzi su 8 c'è stato un aumento dell'i APF dalla registrazione dopo sforzo aerobico a quella dopo sforzo massimale (per 5 di loro in modo notevole)

Per 1 ragazzi su 8 l'i APF è invece diminuito

Per 1 su 8 è rimasto invariato

MEDIA L'i APF risulta **LIEVEMENTE AUMENTATO** (0.53 PUNTI) dalla registrazione dopo sforzo aerobico a quella dopo sforzo massimale.

Ampiezza media

Dalla 1° alla 2° registrazione:

- ▶ Per 2 ragazzi su 11 c'è stato un aumento dell' ampiezza media dalla registrazione basale a quella dopo sforzo aerobico
- ▶ Per 9 ragazzi su 11 l'ampiezza media è invece diminuita (in modo notevole)
- ▶ Per **NESSUNO** è rimasta invariata
- ▶ La **MdM** risulta **LIEVEMENTE DIMINUITA** (0.86 punti) dalle condizioni basali a quella dopo sforzo aerobico.

Dalla 1° alla 3° registrazione:

- ▶ Per 6 ragazzi su 8 c'è stato un aumento dell' ampiezza media dalla registrazione basale a quella dopo sforzo massimale (per 4 di loro in modo notevole)
- ▶ Per 2 ragazzi su 8 l'ampiezza media è invece diminuita
- ▶ Per nessuno è rimasta invariata
- ▶ La **MdM** risulta **NOTEVOLMENTE AUMENTATA** (5,99 punti) dalle condizioni basali a quella dopo sforzo massimale

Dalla 2° alla 3° registrazione:

- ▶ Per 6 ragazzi su 8 c'è stato un notevole aumento dell' ampiezza media dalla registrazione dopo sforzo aerobico a quella dopo sforzo massimale
- ▶ Per 2 ragazzi su 10 l'ampiezza media è invece diminuita in modo notevole (considerarsi praticamente invariato)
- ▶ La **MdM** risulta **ULTERIORMENTE NOTEVOLMENTE AUMENTATA** (5,99 punti) dalla registrazione dopo sforzo aerobico a quella dopo sforzo massimale

Conclusioni:

I risultati ottenuti si può affermare che, partendo da condizioni basali, per gli 11 ragazzi che hanno partecipato allo studio:

L'APF aumenta lievemente dopo uno sforzo aerobico ed in maniera notevole dopo uno sforzo di tipo statico.

La MdM diminuisce lievemente dopo sforzo aerobico mentre, dopo sforzo massimale, aumenta in maniera notevole.

tanto...

Se, come dedotto dagli studi precedenti, consideriamo i APF un marcatore putativo dello stato di eccitazione dell'individuo [28] positivamente correlato alla velocità di elaborazione delle informazioni [29], i risultati del mio studio indicano che uno sforzo di tipo massimale, più che uno di tipo statico-aerobico, può facilitare i meccanismi di attivazione nel cervello che facilitano le elaborazioni delle informazioni. Questa conclusione sarebbe in linea con quelle trovate dallo studio di Boris Gutmann et al **«Effects of Physical Exercise on Individual Resting State EEG, Alpha Peak Frequency»**.

Per quanto riguarda il dato sull'ampiezza purtroppo non sono in grado di trarre alcune conclusioni. Non ho trovato studi o trattati che indichino una correlazione tra ampiezza del ritmo alfa e particolari stati di eccitazione o attivazione a livello neuronale. Nessuno in precedenza ha mai dimostrato scientificamente che potesse esistere una eventuale correlazione tra aumento dell'ampiezza media del ritmo alfa e miglioramenti/peggioramenti delle performance sportive. Solo uno studio **«Central theta amplitude as a negative correlate of performance proficiency in a dynamic visuospatial task»** di Cross-Villasana F, Gröpel P, Ehrlenspiel F, Beckmann J. del 2017 ha dimostrato una relazione negativa tra aumento dell'ampiezza del ritmo theta e competenza nelle prestazioni analizzando un gruppo di 30 giocatori di videogames.

grafia:

- M. Enoka, 1997, ELSELVER, ISB KEYNOTE LECTURE, «Neural adaptation with cronic physical activity», Departement of Kinesiology, University of Colorado, Boulder -USA- p. 447-452
- ackson R. C., Hidaka. K., Foster, C. Falduto. M. T. and Chatterton. R. T. (1994) Successive time courses of strength development andsterlod hormone responses to heavy-resistance training. *J.appl.Physiol.* 76, 663-670.
- nes. D. A. and Rutherford, O. M. (1987) Human muscle strength training: the effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. *J. Phsiol. (Lond.)* 391, 1-1 1.
- omi. P V. (I 986) Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric. hypertrophic, and mechanical factors. *Int. J. Sports Med.* 7, 10- 15
- cCartney. N. Moroz, D., Garner. S. H. and McComas, A. J. (1988) The effects of strength training in patients with selected neuromuscular disorder. *medd. Sci. Sport Exerc.* 20. 362-368.
- arici,M.V.Roi.G. S.Landoni,L..Minetti.A.E.and Cerretelh,P.(1989)Changes in forces,cross-sectional areas and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps.*Eur. J.Appl.Physiol.*59,3
- outz. L. L., Tesch, P. A., Biro, R. L. and Dudley. G. A. (I 994) Effect of resistance training on muscle use during exercise. *J. appl. Physiol.* 76,1675-1681.
- noka, R. M. (1988) Muscle strength and its development: new perspectives. *Sport Med.* 6, 146-168.
- achateau, J. and Hainaut. K. (1987) Electrical and mechanical changes in immobilized human muscle. *J. appl. Physiol.* 62. 2168-2173.
- Merton, P. A. (1954) Volunary strength and faliguc. *J. Physiol Lond* 123. 553-546.
- Newham. D. J., McCarthy, T. and Turner. J. (1991) Voluntary activation of human quadriceps during and after isokinetic exercise. *J. appl. Physiol.* 71, 2122. 2126.
- Adams, G. R., Harris, R. T., Woodard, D. and Dudley, G. (1993) Mapping of electrical muscle stimulation using MRI. *J. appl. Physiol.*74, 532-537.
- Fisher, J. M., Meyer, R. A., Adams. G. R., Foley, J. M. and Potchen, J. E. (1990) Direct relationship between proton T2 and exercise intensity in skeletal muscle MR images. *Invest*, 25, 480-485.
- Fleckenstein, J. L., Watumull,D., McIntire.D.D., Bertocci,L.A.,Chason. D. P. and Peshock. R. M. (1993) Muscle proton T2 relaxation times and work during repetitive maximal voluntary exercise.*J. uppl. Physiol.* 74, 2855
- Yue. G. H., Bilodeau. M. and Enoka. R. M. (1994b) Elbow-joint immobilization decreases fatigability and alters the pattern of activation in humans. *Soc. Neurosci.* ,abstr. 20, 1205.
- Yue. G. and Cole. K. J. (1992) Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *.I. Neurophysiol.* 67, 1114, 1123.
- Dhtsuki. T. (1983) Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behavior Brain Res.* 7,165-178.
- Schantz, P. G., Morttani. T., Karlson, E., Johansson, E. and Lundh, A.(1989) Maximal voluntary force of bilateral and unilateral leg extension. *Acta Physiol. Scand.* 136, 185-192.
- Secher. N. H., Rorsgaard. S. and Secher. O (1978) Contralateral influence on recruitment of curarized muscle fibres during maximal voluntary extension of the legs. *Acts Pkysiol. Scmd.* 103, 456-462. Secher. N. H., Rub
- gth of two- and one-leg extension in man. *Acta Physiol scand* 134, 333-339.
- Rube, N. and Secher, N. H. (1990) Effect of training on central factors in fatigue following two- and one-leg static exercise in man. *Acta Physiol scand.*141, 87-95.
- www.neurologiapsichiatria.it/home/esami-strumentali/eeg-elettroencefalogramma/
- 23] [28] Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res. Rev.* 29, 169-195. doi: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3
- mit, C. M., Wright,M. J., Hansell, N. K.,Geffen,G. M.,and Martin, N. G.(2006).Genetic variation of individual alpha frequency (IAF) and alpha power in a large adolescent twin sample. *Int. J. Psychophysiol.* 61, 235-243. 16/j.ijpsycho.2005.10.004
- odenmann, S., Rusterholz, T., Dürr, R., Stoll, C., Bachmann, V., Geissler, E.,et al. (2009). The functional Val158Met polymorphism of COMT predicts interindividual differences in brain a oscillations in young men. *J. N* 23/JNEUROSCI.1427-09.2009
- Angelakis, E., Lubar, J. F., Stathopoulou, S., and Kounios, J. (2004a). Peak alpha frequency: an electroencephalographic measure of cognitive preparedness.*Clin.Neurophysiol.* 115, 887-897.
- Boris Gutmann, lAndreasMierau, Thorben Hülsdünker, Carolin Hildebrand,Axel Przyklenk, lWildor Hollmann,and Heiko Klaus Strüder, (2015), Effects of Physical Exercise on Individual Resting State EEG Alpha Peak Publishing CorporationNeural Plasticity, Article ID 717312, 6 pageshttp://dx.doi.org/10.1155/2015/717312
- W. Klimesch, "EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis," *Brain Research Reviews*, vol. 29, no. 2-3, pp. 169-195, 1999.

Michela Boffelli

- ▶ DAL 1996 AL 2009 TESSERATA PER LA SOCIETÀ SPORTIVA CUS PAVIA HO PARTECIPATO A NUMEROSE COMPETIZIONI DI AMBITO REGIONALE NAZIONALE ED INTERNAZIONALE. ALCUNI TRA I MIEI MIGLIORI RISULTATI SONO:

LUGLIO 2005 TITOLO ITALIANO ASSOLUTO K2 SENIOR FEMMINILE AI CAMPIONATI ITALIANI DI MARATONA A PISA.

SETTEMBRE 2006 SECONDO NELLA CATEGORIA K2 SENIOR FEMMINILE SECONDO POSTO PER LA GARA NAZIONALE DI MARATONA VALLE D'AOSTA PER LA SELEZIONE DEI CAMPIONATI DEL MONDO SUL LAGO DI CACCAMO.

MAGGIO 2007 N° 2 TITOLI ITALIANI RISPETTIVAMENTE SUI 200 E 500 METRI NELLA CATEGORIA K1 SENIOR FEMMINILE PER I CAMPIONATI ITALIANI UNIVERSITARI A SAN GIORGIO DI NOGARO

MAGGIO 2007 SECONDO POSTO NELLA CATEGORIA K1 SENIOR FEMMINILE AL CAMPIONATO ITALIANO DI MARATONA A MARSALA.

- ▶ NEL 2009-2010 HO INIZIATO A DEDICARMI A GARE DI CORSA COME ATLETA AMATORIALE E NEL 2011 MI SONO TESSERATA COME ATLETA FIDAL PRESSO LA SOCIETÀ 100 TORRI ED HO PARTECIPATO A DIVERSE GARE DI MEZZA MARATONA
- ▶ ALL'INIZIO DEL 2012 MI SONO TESSERATA PRESSO LA SOCIETÀ CANOTTIERI TICINO DI PAVIA DOVE HO INIZIATO A FAR PARTE DELLA SQUADRA AGONISTICA DI DRAGON BOAT. CON QUESTA SQUADRA HO PARTECIPATO A NUMEROSE COMPETIZIONI DI SVARIATI LIVELLI
- ▶ NEL 2014 HO PARTECIPATO AD UN'ULTRA MARATONA "MARATHON DES SABLES".
- ▶ DAL 2015 SONO ISCRITTA ALLA FITRI SEMPRE TRAMITE LA CANOTTIERI TICINO DI PAVIA. DAL 2015 AD OGGI HO PARTECIPATO A GARE DI TRIATHLON SU DIVERSE DISTANZE TRA CUI DUE IRONMAN NEL 2015 A PALMA DI MALLORCA E NEL 2016 A NIZZA CON BUONI RISULTATI.
- ▶ NEL 2005 HO COMPLETATO IL CORSO PER TECNICO DI BASE E HO INIZIATO A SEGUIRE IL GRUPPO GIOVANILE DEL CUS PAVIA FINO AL 2007
- ▶ DA MARZO 2012 AD OGGI COLLABORO CON LA CANOTTIERI TICINO SEGUENDO LA SQUADRA GIOVANILE UNDER QUATTORDICI E PARTE ANCHE LA SQUADRA OVER 14. HO CONSEGUITO IL TITOLO DI ISTRUTTORE NEL 2014.
- ▶ A SETTEMBRE 2008 MI SONO LAUREATA IN «TECNICHE DI NEUROFISIOPATOLOGIA» ALL' UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA PRESSO LA FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA. IL MIO CORSO DI LAUREA PREVEDEVA LO STUDIO DI BASI TEORICHE DELLE PRINCIPALI MATERIE DI CARATTERE MEDICO SCIENTIFICO (FISIOLOGIA, CHIMICA, BIOLOGIA, FISICA, MATEMATICA E INFORMATICA) E L'APPROFONDIMENTO DELLE MATERIE DI CARATTERE MEDICO RIGUARDANTI IL SISTEMA NERVOSO CENTRALE E PERIFERICO. OGGI LAVORO PER LA ASST MELEGNANO-MARTESANA E MI OCCUPO DI ESAMI STRUMENTALI PER L'INDAGINE E LA DIAGNOSTICA DELLE PATOLOGIE DEL SISTEMA NERVOSO CENTRALE E PERIFERICO.