



Università
di Genova



in collaborazione
con VUB

Università degli Studi di Genova

Facoltà di Medicina e Chirurgia

**Master in Riabilitazione dei disordini muscolo
Scheletrici**

SISTEMA DI VALUTAZIONE DELLA PERFORMANCE MOTORIA DELL'ARTICOLAZIONE TEMPOROMANDIBOLARE: STUDIO DI VALIDAZIONE DELLA RIPETIBILITA'

Relatore: dr. Marco Testa

Candidato: dr.ssa Valentina Oberto

Anno Accademico 2007-2008

INDICE

ABSTRACT.....	3
INTRODUZIONE	5
BACKGROUND	7
DESCRIZIONE MATERIALI UTILIZZATI PER LO STUDIO EFFETTUATO	12
DESCRIZIONE DELLO STUDIO.....	17
ANALISI CONDOTTE	22
STUDIO STATISTICO.....	24
CONCLUSIONI	35
BIBLIOGRAFIA:.....	38

ABSTRACT

Recenti studi dimostrano come dolore, immobilità e disfunzioni a livello articolare possono modulare il controllo motorio dell'articolazione stessa [3], [4], [5], [6]. Il sistema di valutazione del controllo motorio più utilizzato è il reaching, ovvero il raggiungimento di target specifici visualizzati su uno schermo; già utilizzato per la spalla [1], [2] e altri distretti corporei. Il presente studio di ripetibilità costituisce una prima indagine, all'interno di un più ampio progetto di ricerca, che ha come obiettivo il costruire un sistema di valutazione della performance motoria mandibolare non essendo reperibili in letteratura pubblicazioni di questo genere. Il campione dello studio, costituito da 13 soggetti, 6 di sesso maschile e 7 di sesso femminile, è risultato da una selezione condotta su 50 soggetti sulla base di specifici criteri di inclusione. La principale variabile analizzata è la precisione della forza di serramento mandibolare monolaterale o bilaterale. Il sistema di rilevazione dati è composto da sensori piezoelettrici Flexiforce, posti fra i denti, rivestiti da un supporto in plastica semirigida a forma di doppia "T", rivestito di gomma, morbido, che consentiva "l'affondamento" dei denti. I dati sono stati elaborati tramite Labview e rivisti per l'analisi statistica da un software apposito, utilizzato per lo studio della ripetibilità e affidabilità dei risultati trovati (con l'ANOVA – MANOVA). Per ogni soggetto il lavoro si è svolto in due giornate consecutive con un totale di sei prove per ognuno (3 prove x 2 giorni).

I dati ottenuti sono stati normalizzati per poter così eliminare o quantomeno diminuire il più possibile la variabilità tra i vari individui e tra il soggetto stesso. Sono state calcolate due normalizzazioni per ciascun errore:

1. *E..-norm* : calcolata in base alle percentuali del target (valore del target proporzionato alla forza massima esercitata da ogni soggetto): per confrontare le prove intra soggetto.
2. *E..-Mvc*: calcolata rispetto al valore di MVC del target (valore in Volt del target) : per confrontare le prove fra i vari soggetti.

Nell' esercizio bilaterale, la normalizzazione rispetto all'MVC ha permesso di validare una fase di apprendimento il primo giorno ed escludere forme di affaticamento. La prova è ripetibile solo all'interno della stessa giornata, mentre nell'esercizio monolaterale le misure sono sempre ripetibili. Nel monolaterale risulta esserci mediamente un errore maggiore nel caso di target più elevati (50%-70%), mentre l'errore diminuisce per livelli di forza più bassi.

Sebbene i risultati ottenuti in ciascuno dei due esercizi (monolaterale e bilaterale) non siano identici per tutte e tre le prove dei due giorni, si può osservare che coloro che si sono classificati ai primi posti nell'esercizio monolaterale, hanno avuto un risultato simile in quello bilaterale.

I risultati ottenuti da questo studio preliminare sembrano evidenziare la capacità di valutazione della performance motoria individuale di soggetti sani. Ulteriori lavori dovranno essere condotti per validare il potere diagnostico e terapeutico dello strumento in campioni di soggetti patologici.

INTRODUZIONE

Il termine disfunzione dell'articolazione temporo-mandibolare (DTM) racchiude una varietà di situazioni che coinvolgono i muscoli della masticazione e l'articolazione temporomandibolare (ATM), nonché le componenti tissutali limitrofe. Il sintomo più frequente associato ai TDM è il dolore localizzato ai muscoli della masticazione, alla zona preauricolare, e/o alle articolazioni temporomandibolari (ATM) e può essere dovuto a trauma (al viso), artrite infiammatoria o degenerativa o al fatto che la mandibola viene spinta fuori posizione quando il paziente mastica o deglutisce. A volte, i muscoli della masticazione, attorno all'articolazione temporomandibolare possono andare incontro a spasmo, causando dolori alla testa ed al collo e difficoltà di apertura della bocca. I pazienti possono avere anche un'apertura limitata o asimmetrica della bocca e rumori articolari che vengono descritti come clik, crepitii o schiocchi articolari. Distinguiamo alterazioni temporo-mandibolari intracapsulari (o più propriamente dell'articolazione temporo-mandibolare), extracapsulari (patologie dei muscoli masticatori) e forme miste.

Come in altre patologie, la conoscenza del decorso naturale della malattia è necessario per guidare la terapia. Molti sintomi si risolvono con il passare del tempo ma, in una percentuale non trascurabile di casi, può passare un anno o più.

In questi ultimi anni l'elettromiografia di superficie dei muscoli del sistema stomatognatico e la chinesigrafia computerizzata dei movimenti della mandibola hanno richiamato l'attenzione di molti fra Ricercatori e Clinici, che vedono in questi strumenti la possibilità di analizzare la fisiologia del sistema stesso, di indirizzare in senso dinamico e funzionale la diagnosi e di controllare in modo obiettivo i risultati ottenuti con la terapia. In questo campo si ha come l'impressione che la Ricerca sia colpevolmente indietro

rispetto ai risultati clinici ottenuti con l'ausilio della strumentazione. Probabilmente la causa è da ricercarsi nell'estrema fatica che incontra l'Odontoiatria Accademica a liberarsi di alcuni concetti radicati di una gnatologia statica, vincolata allo studio delle strutture rigide scheletriche del sistema stomatognatico. In effetti, lo studio della "funzione", della "dinamica" e del "controllo motorio", al di là di buoni propositi enunciati nei convegni e sulle riviste di settore, tuttora è relegato ad ambiti super specialistici, solo nei laboratori di ricerca.

Vari sono i parametri dinamici che possono essere ricercati, studiati e proposti in campo di ricerca. Lo scopo dello studio è quello di validare la ripetibilità del sistema di valutazione del controllo motorio dell'articolazione Temporo Mandibolare, così come sono stati condotti studi su altri distretti corporei.

BACKGROUND

Sono stati consultati i database di PEDRO, MEDLINE, PUBMED, siti come 'Nature Neuroscience' o 'SCIENCE DIRECT' nell'area "Archives of Oral Biology" Sono stati presi in considerazione articoli dal 1999 ad oggi in lingua inglese.

Si è messo in evidenza il fatto che non esistono studi in letteratura (né recenti né datati) che valutano la performance motoria della temporo mandibolare.

Si è deciso dunque, per conoscere al meglio i fondamenti dello studio da noi effettuato, di revisionare alcuni articoli specifici:

- studi di reaching effettuati per altre articolazioni, inserendo come parole chiavi:
 - Kinematic and dynamic control of reaching
 - Reaching
- studi che valutassero eventuali modificazioni del controllo motorio a causa della presenza o meno di parametri come dolore o affaticamento muscolare di altri distretti articolari, inserendo come parole chiave:
 - Pain AND motor control
 - pain AND physiopathology AND motor control AND experimental pain
 - lumbar pain

Per valutare l'esistenza di altri tipi di sensori sono state usate le seguenti parole chiave:

- Sensor bite force determinations

In letteratura esistono studi per quanto riguarda la mobilità, il controllo della contrazione muscolare, il dolore e i trattamenti riabilitativi dell'articolazione temporo mandibolare ma non vi è presenza di un sistema di valutazione della performance motoria della suddetta articolazione. Ho escluso lavori antecedenti il 1999, di cui non fosse disponibile il full text e lavori condotti su animali.

Titolo articolo	Autore	Anno, dati articolo	Abstract
Masticatory muscle pain and disordered jaw motor behaviour: Literature review over the past decade	Frank Lobbezoo , Maurits K.A. van Selms, Machiel Naeije	Archives of Oral Biology (2006) 51, 713—720	The clinically important relationship between masticatory muscle pain (MMP) and disordered jaw motor behaviour .
Arm immobilization causes cortical plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity	R. Huber, M. Felice Ghilardi, Marcello Massimini, Fabio Ferrarelli, Brady Riedner, M. Peterson, G. Tononi	Nature Neuroscience – 9, 1169-1176 (2006)	Deterioramento della performance motoria e somatosensoriale dopo immobilizzazione dell' AS, rilevata con EEG e sistema di reaching
Effects of modified constraint-induced movement therapy on reach-to-grasp movements and functional performance after chronic stroke: a randomized controlled study.	Lin KC, Wu CY, Wei TH, Lee CY, Liu JS.	Clin Rehabil. 2007 Dec;21(12):1075- 86.	In addition to improving functional use of the affected arm, modified constraint induced movement therapy improved motor control strategy during goal-directed reaching, a possible mechanism for the improved movement performance of stroke patients undergoing this therapy

Experimental quadriceps muscle pain impairs knee joint control during walking	Henriksen M, Alkjaer T, Lund H, Simonsen EB, Graven-Nielsen T, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal	J Appl Physiol. 2007 Jul;103(1):132-9. Epub 2007 Apr 5.	Pain is a cardinal symptom in musculoskeletal diseases involving the knee joint, and aberrant movement patterns and motor control strategies are often present in these patients.
Altered motor control strategies in subjects with sacroiliac joint pain during the active straight-leg-raise test.	O'Sullivan PB, Beales DJ, Beetham JA, Cripps J, Graf F, Lin IB, Tucker B, Avery A	Spine. 2002 Jan 1;27(1):E1-8	An experimental study of respiratory function and kinematics of the diaphragm and pelvic floor in subjects with a clinical diagnosis of sacroiliac joint pain and in a comparable pain-free subject group was conducted
Isometric force production parameters during normal and experimental low back pain conditions	Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N	BMC Musculoskelet Disord. 2005 Feb 9;6:6.	Subjects performed isometric trunk flexion and extension forces without and with experiment pain to examine if pain yields changes in the control of trunk forces
Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis	Hodges PW, Richardson CA	Spine. 1996 Nov 15;21(22):2640-50	The contribution of transversus abdominis to spinal stabilization was evaluated indirectly in people with and without low back pain
Effects of masticatory muscle fatigue without and with experimental pain on jaw-stretch reflexes in healthy	M.K.A. van Selmsa, K. Wangb, F. Lobbezooa, P. Svenssonb, L. Arendt-Nielsenb, M.	Clinical Neurophysiology 116 (2005) 1415–1423	To examine the effects of experimentally evoked masticatory muscle fatigue, without and with

men and women	Naeije		experimental muscle pain, on the short-latency jaw-stretch reflex, using a randomised crossover design.
A novel sensor for bite determinations	C.P.Fernandes, J. Glantz, A. Svensson, A. Bergmark	Dental Materials 19 (2003) 118 - 126	The clinical usefulness, accuracy and precision of a novel bite force sensor based on force sensing resistors were tested in six subjects wearing maxillary removable partial retained by conical crowns.
Goal-directed reaching: movement strategies influence the weighting of allocentric and egocentric visual cues.	Neely KA, Tessmer A, Binsted G, Heath M.	Exp Brain Res. 2008 Apr;186(3):375-84. Epub 2007 Dec 18.	When visual feedback is unavailable or unpredictable, the weighting of allocentric visual information for the advanced planning of a reach trajectory is increased.
Reproducibility and minimal detectable change of three-dimensional kinematic analysis of reaching tasks in people with hemiparesis after stroke.	Wagner JM, Rhodes JA, Patten C.	Phys Ther. 2008 May;88(5):652-63. Epub 2008 Mar 6.	Three-dimensional kinematic analysis of reaching has emerged as an evaluative measure of upper-extremity motor performance in people after stroke.
The effect of chronic low back pain on	Thomas JS, France CR, Sha D, Vander	Spine. 2007 Dec 15;32(26):E801-8	Participants with and without

trunk muscle activations in target reaching movements with various loads.	Wiele N, Moenter S, Swank K.		chronic LBP performed a series of bilateral reaching tasks to 3 target heights with 3 different loads held in the reaching hands.
Electromyography of the masseter and anterior temporalis muscles in patients with temporomandibular dysfunction	C. J. Griffin and R. R. Munro	Archives of Oral Biology; Volume 16, Issue 8, August 1971, Pages 929-946	The electromyograms of the masseter and anterior temporalis muscles of 31 patients with clinically definite temporomandibular joint dysfunction have been examined, both in the open-close-clench cycle and by elicitation of the jaw jerk.
Generation of the Central Masticatory Pattern and Its Modification by Sensory Feedback	James P. Lund and Arlette Kolta	2006	Mastication requires the coordinated action of the muscles. In this article we review 2 fundamental features of mastication: its centrally generated core motor program and the sensory feedback, which is responsible for adapting the program to food properties.

DESCRIZIONE MATERIALI UTILIZZATI PER LO STUDIO EFFETTUATO

Lo studio da effettuarsi prevede che il soggetto stringa fra i denti un sensore di forza piezoelettrico , “Flexiforce” , nel quale la resistenza è inversamente proporzionale alla forza applicata.



L’acquisizione avviene grazie a delle celle di carico.

Nel momento in cui le celle di carico subiscono una pressione nella zona di contatto, variano la loro resistenza interna, fornendo una variazione del voltaggio del segnale, che viene amplificato dall’amplificatore.

Il segnale viene così inviato ad una scheda di acquisizione (National Instruments), la quale converte in segnale da analogico a digitale.



Il software utilizzato (Labview 7.0), tramite l'utilizzo di pacchetti ad hoc per l'acquisizione digitale, consente di elaborare i segnali acquisiti.

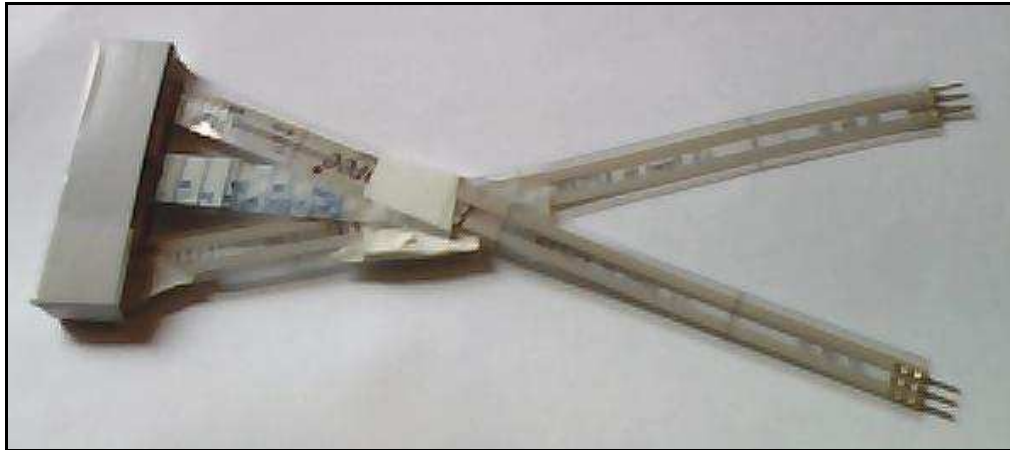
Il segnale viene visualizzato sullo schermo in tempo reale tramite una scheda di acquisizione.

Il sensore è rivestito da un supporto in plastica semirigida a forma di doppia "T", rivestito di gomma, morbido, che consente "l'affondamento" dei denti .



La struttura ha uno spessore complessivo di 0.8 ± 0.1 cm, una larghezza di 6 ± 0.1 cm e profondità di 10 ± 0.1 cm (variabile da supporto a supporto).

Sulla parte di supporto uscente dalla bocca è stata realizzata una scala graduata per controllare il corretto riposizionamento del supporto. Il tutto viene poi inserito all'interno di una guaina isolante (guanto in lattice).



I dati vengono acquisiti prima da Labview: un software per la programmazione grafica, ambiente di sviluppo integrato per il linguaggio di programmazione visuale di National Instruments (tale linguaggio grafico viene chiamato *Linguaggio G*) utilizzato per questo esperimento nella versione 7.0; consente di acquisire e analizzare dati, controllo di processi, generazione di rapporti, o più generalmente per tutto ciò che concerne l'automazione industriale su diverse piattaforme.

La definizione di strutture dati ed algoritmi avviene con icone e altri oggetti grafici, ognuno dei quali incapsula funzioni diverse, uniti da linee di collegamento , in modo da formare una sorta di diagramma di flusso.

Uno dei fattori che ci ha spinto scegliere Labview (a parte la sua semplicità di programmazione) è la possibilità di realizzare in modo semplice e intuitivo l'interfaccia utente.

Si realizza con controlli e indicatori, che costituiscono i terminali interattivi d'ingresso e d'uscita, rispettivamente.

I controlli sono matrici, manopole, pulsanti, quadranti e molti altri; simulano i dispositivi d'ingresso degli strumenti e forniscono dati allo schema a blocchi.

Gli indicatori sono grafici, tabelle, LED, termometri e molti altri; simulano i dispositivi d'uscita degli strumenti e visualizzano i dati che lo schema a blocchi acquisisce o genera.

I dati saranno poi elaborati tramite Matlab, il quale consente facili manipolazioni di matrici, visualizzazione di funzioni e dati, implementa algoritmi, consente la creazione di interfacce utente, e si interfaccia con altri programmi.

Nello specifico (nel nostro caso) consente una facile elaborazione dati per fini statistici.

Per lo studio dei dati è stato usato 'Statistica', un software per l'analisi statistica, utilizzato per lo studio della ripetibilità e affidabilità dei risultati trovati (con l'ANOVA – MANOVA).

Analisi dei Processi di STATISTICA è composto da due moduli che includono implementazioni complete sull'analisi di processo, sulla garanzia di ripetibilità e riproducibilità, sull'analisi di *Weibull*, sui piani di campionamento e sulle componenti della varianza per effetti casuali.

Analisi dei Processi di STATISTICA è compatibile con Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000, Windows XP, Windows Me.

Con 'piani per le Analisi della Ripetibilità/Riproducibilità (R&R) delle Misurazioni' possono essere generati ed analizzati esperimenti, con ripetizione o meno, per la verifica della ripetibilità/riproducibilità degli esperimenti stessi. I dati per l'analisi R&R possono essere preparati in formato grezzo, o tabulati in un datasheet standard R&R (come in molte pubblicazioni dell'American Society for Quality Control e manuali dell'Automotive Action Group).

I risultati includono le stime delle componenti della varianza (variazione dovuta alla ripetibilità o all'equipaggiamento, variazione

dovuta all'operatore o alla perizia, variazione dovuta alle parti, variazione dovuta all'interazione operatore/parte, ecc.) e queste possono essere calcolate in base al metodo degli intervalli di variazione o delle tabelle ANOVA.

Se sono calcolati in base al metodo delle tabelle ANOVA, potranno anche essere stimati gli intervalli di confidenza per le varianze.

Le statistiche aggiuntive per le componenti di varianza includono la percentuale di tolleranza, la variazione di processo e la variazione totale.

Il programma calcolerà inoltre le statistiche descrittive per l'interazione operatore/parti, le loro carte con intervalli e sigma, plot box-and-whisker e plot R&R riassuntivi.

DESCRIZIONE DELLO STUDIO

Una delle prime cose necessaria per lo studio è stata delineare dei criteri di inclusione dei 50 soggetti nel gruppo preso in esame; gli esaminati dovevano avere le seguenti caratteristiche in base ai:

Dati anamnestici:

- *età compresa tra i 24 e 40 anni*
- *soggetti di sesso maschile e femminile*
- *nessun trauma pregresso all'articolazione temporo-mandibolare (stradali, iatrogeni..)*
- *assenza di dolore alla palpazione dell'articolazione*
- *assenza di rumori articolari di significato disfunzionale o patologico e/o blocchi articolari*
- *assenza di importanti interventi odontoiatrici pregressi (o se ci sono stati in passato devono essere segnalati in fase pretest)*
- *assenza di dolori in zona auricolare, meato acustico interno ed esterno*
- *presenza di tutta la dentatura*

Caratteristiche del viso:

- *nessuna presenza di asimmetrie evidenti*

Caratteristiche occlusali:

- *accettate occlusioni di prima classe ed escluse occlusioni di seconda e terza classe*
- *occlusione simmetrica senza deviazioni laterali*
- *assenza di un morso profondo (over bite nella norma, non oltre i 4 mm)*
- *assenza di morso aperto (open bite)*
- *assenza di morso crociato*

Caratteristiche muscolari: (analizzati Massetere, Pterigoideo interno ed esterno, Temporale)

- *assenza di iper-ipotrofie*
- *assenza di dolori alla palpazione muscolare*

Sono stati selezionati così 13 soggetti; 6 di sesso maschile e 7 di sesso femminile.

Tutti i soggetti presi in esame sono destrimani.

Il peso medio degli uomini è risultato 78 kg mentre quello delle donne è 64 kg, l'altezza media degli uomini è 1,75m e delle donne 1,65m.

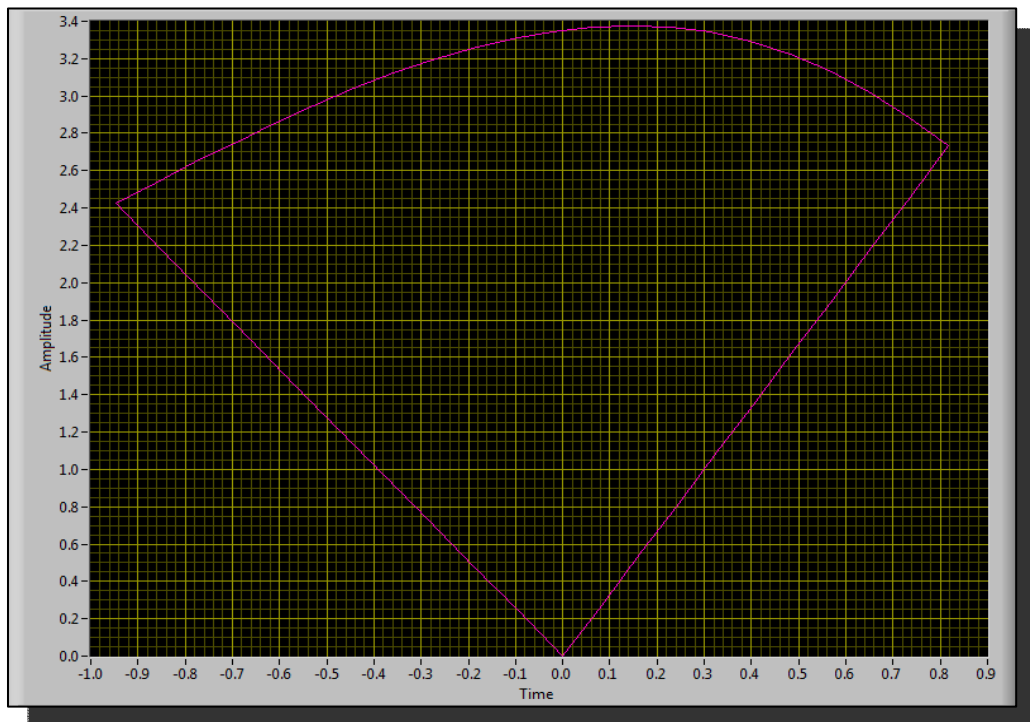
Lo studio si è svolto in due giornate consecutive con un totale di sei prove per soggetto (3 prove x 2 giorni).

Trovati i soggetti idonei allo studio, abbiamo proseguito con la costruzione della maschera: il soggetto, con il sensore tra i denti, stringe il morso al massimo della sua forza prima a destra, esegue una pausa di 5 secondi, poi a sinistra (pausa) e poi al centro.

La maschera viene realizzata con movimenti ripetitivi, per registrare la massima forza di contrazione dx-sx e centrale.

Viene così disegnata la maschera 1.

Maschera 1:



Da questa maschera ne viene poi ricavata un'altra al 70% della forza massima (maschera 2), sulla quale il soggetto eseguirà l'intero esercizio.

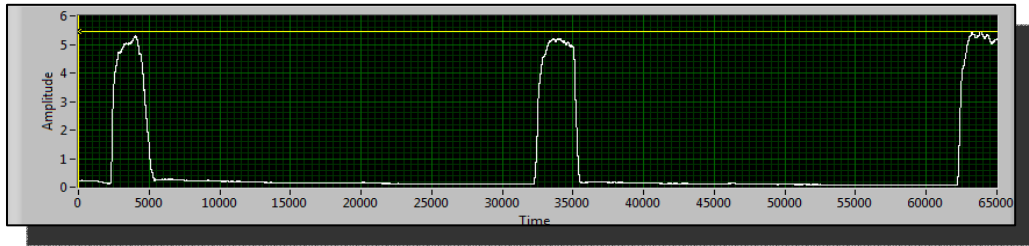
Viene spiegato l'esercizio al soggetto durante un allenamento di 2 minuti sulla nuova maschera dopo il quale sarà lasciata una pausa di riposo.

Si parte con l'esercizio vero e proprio: il soggetto è tenuto ad inseguire una sequenza di 23 punti random che compaiono all'interno della maschera 2. Ogni punto permane sullo schermo 5 secondi ai quali segue una pausa di altri 5 secondi.

Si procede con il cambio di sensori per ricavare l' MVC di destra e di sinistra e poter così eseguire l'esercizio seguente.

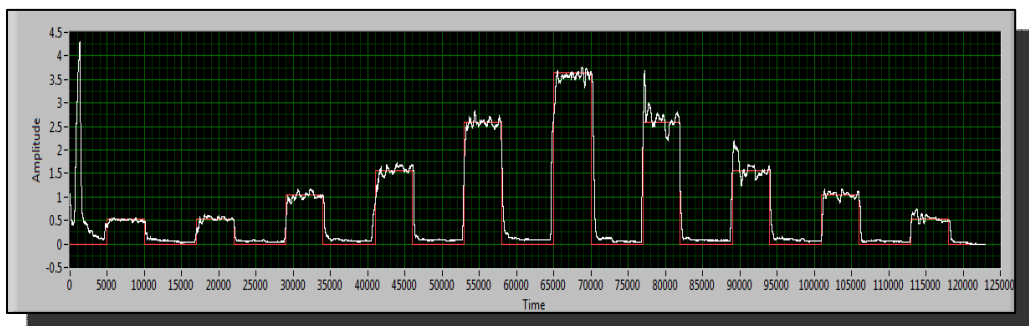
Il sensore questa volta sarà monolaterale, si chiede al soggetto di stringere al massimo della sua forza il morso per 3 secondi alla

comparsa della luce verde sullo schermo del computer, dopodiché si esegue una pausa di 1 minuto e si ripete il rilevamento per 3 volte, prima dal lato destro poi dal sinistro.



Cambiati nuovamente i sensori, parte la seconda prova la quale consiste nell' inseguire un percorso composto da 9 rettangoli di dimensioni differenti (escluso il primo di prova), nei quali si richiede prima un'intensità di forza pari al 10% dell' MVC poi incrementando fino al 70% e successivamente decrementare per concludere nuovamente al 10% dell' MVC.

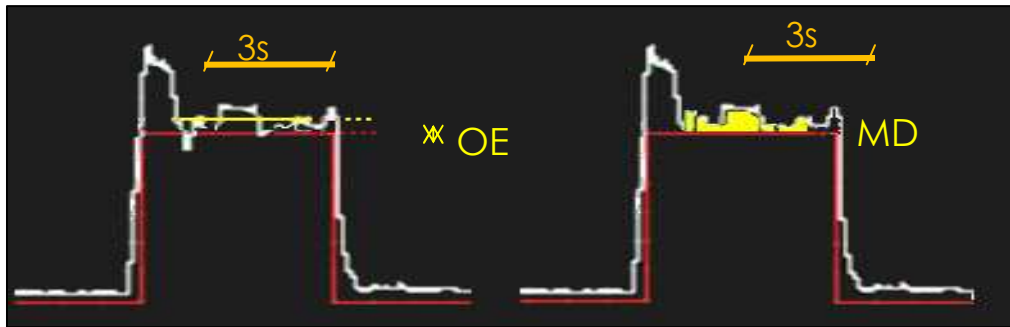
Il soggetto dopo un breve allenamento, seguito da una pausa, inizia con l'esercizio vero e proprio nel quale dovrà contrarre e mantenere il morso per 5 secondi seguendo il contorno dei rettangoli intervallati da una pausa di 7 secondi ciascuno.



La performance individuale è valutata tenendo conto di 2 parametri: la distanza media (MD: mean distance) e l'errore medio (OE: offset error).

MD: area tra il segnale rilevato e il target.

OE: la distanza fra il segnale rilevato e il target.



Entrambe sono normalizzati secondo un livello target di forza ed espressi in percentuale. Tutti i dati vengono confrontati fra lato destro e sinistro di ogni soggetto per ogni sessione.

Questi due esercizi, sia il bidimensionale che il monodimensionale, vengono ripetuti 3 volte ed infine viene ricalcolato l' MVC di destra e sinistra.

ANALISI CONDOTTE

➤ *Monolaterale:*

E1 = Errore medio : integrale medio della differenza assoluta tra target e segnale

Em= Errore assoluto : integrale medio della differenza tra target e segnale

Erms= Errore quadratico medio : radice dell'integrale quadratico medio della differenza tra target e segnale

➤ *Bilaterale:*

E1 = Errore medio : media delle distanze di tutti i punti del segnale rispetto ad ogni target

Em= Errore assoluto : distanza della posizione media del segnale da ogni target

Erms= Errore quadratico medio : radice della distanza quadratica media di tutti i punti del segnale rispetto ad ogni target

Dmin= Distanza minima : distanza minima raggiunta durante ciascun inseguimento del target

Sono state eseguite delle normalizzazioni per poter eliminare il fattore di variabilità tra soggetti diversi, eliminare la variabilità all'interno dello stesso soggetto e verificare l'influenza della maschera sui risultati ottenuti.

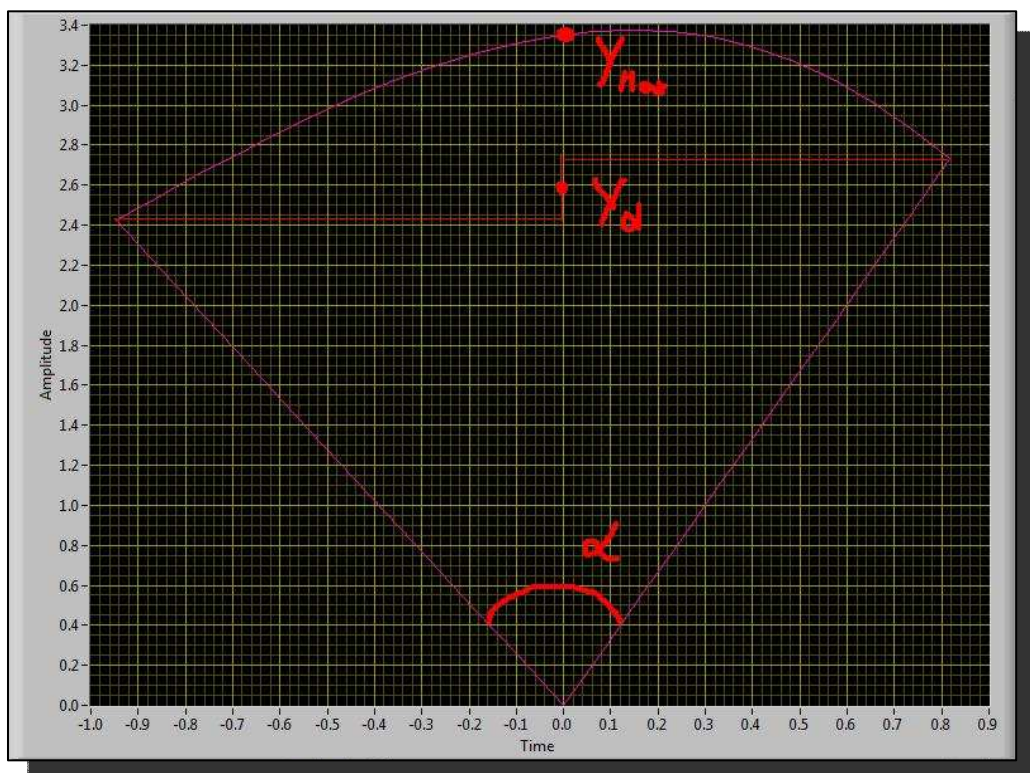
Sono state calcolate due normalizzazioni per ciascun errore:

3. *E.-norm* : calcolata in base alle percentuali del target (valore del target proporzionato alla forza massima esercitata da ogni soggetto): per confrontare le prove intra soggetto.

4. $E..-M_{vc}$: calcolata rispetto al valore di MVC del target (valore in Volt del target) : per confrontare le prove fra i vari soggetti.

Nell'esercizio bilaterale, per standardizzare e valutare l'influenza della dimensione e della forma della maschera si è scelto di estrapolare 3 parametri caratteristici per ogni maschera:

- Angolo di apertura : α (angolo compreso tra la linea passante per il punto di massima forza di sx e quella di dx)
- Altezza maschera : Y_{max} (punto di massima forza del morso)
- Altezza media laterale : Y_d (media tra il massimo punto di forza del morso a dx e sx)



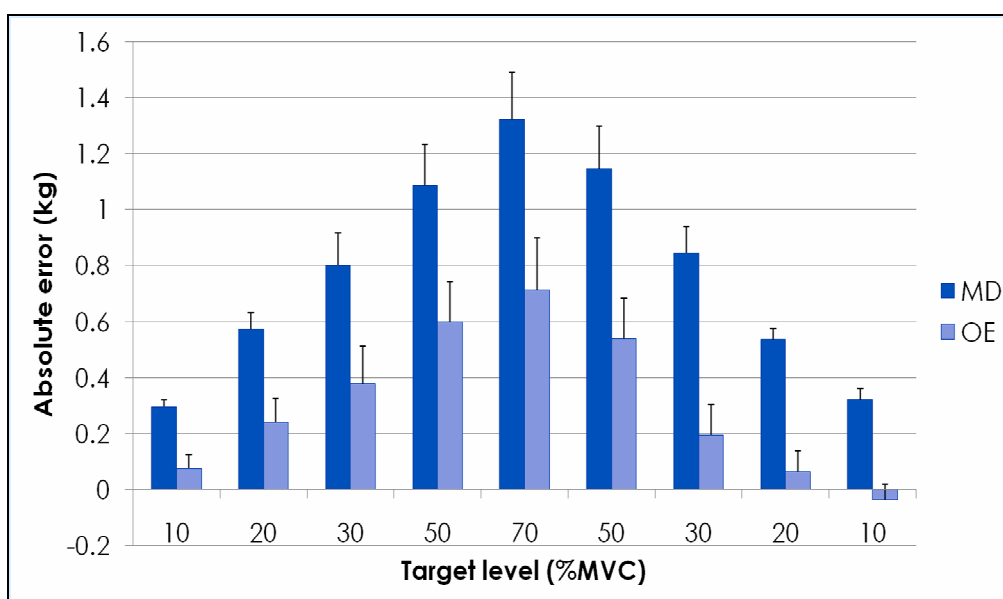
STUDIO STATISTICO

MONOLATERALE:

I soggetti imparavano facilmente come raggiungere i vari livelli del target.

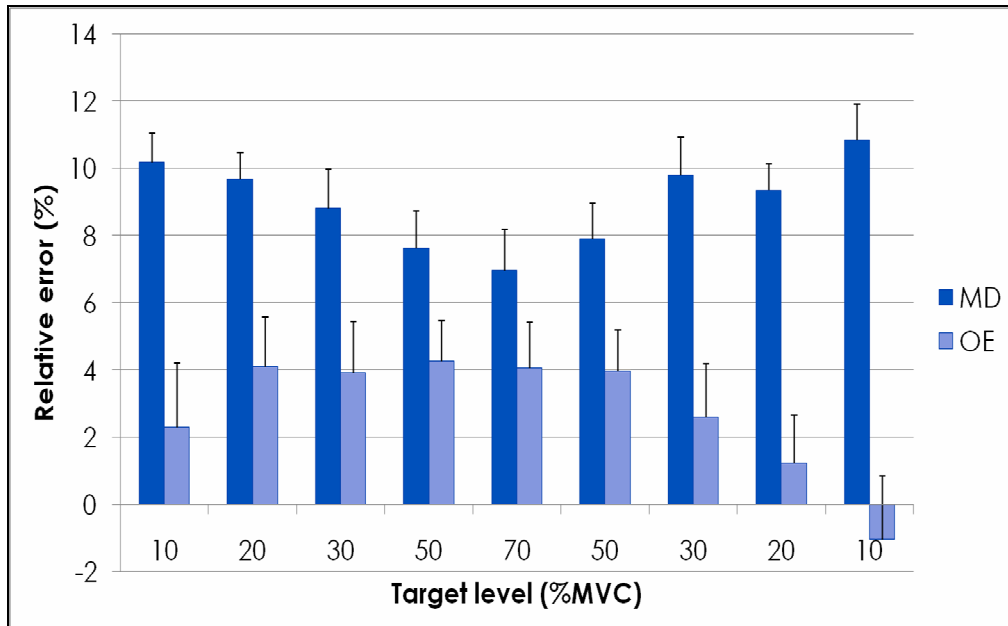
L' MVC progressivamente cresce nelle diverse prove, da 28.1 +/- 10.4 a 33.4 +/- 7.3 kg, dipendenza prove $p \leq 0.01$, probabilmente dovuto all'aumentare della capacità dei soggetti con il ripetersi delle prove di raggiungere il target.

Un aumentare di MD e OE è stato evidenziato solo con l'aumentare del livello del target:

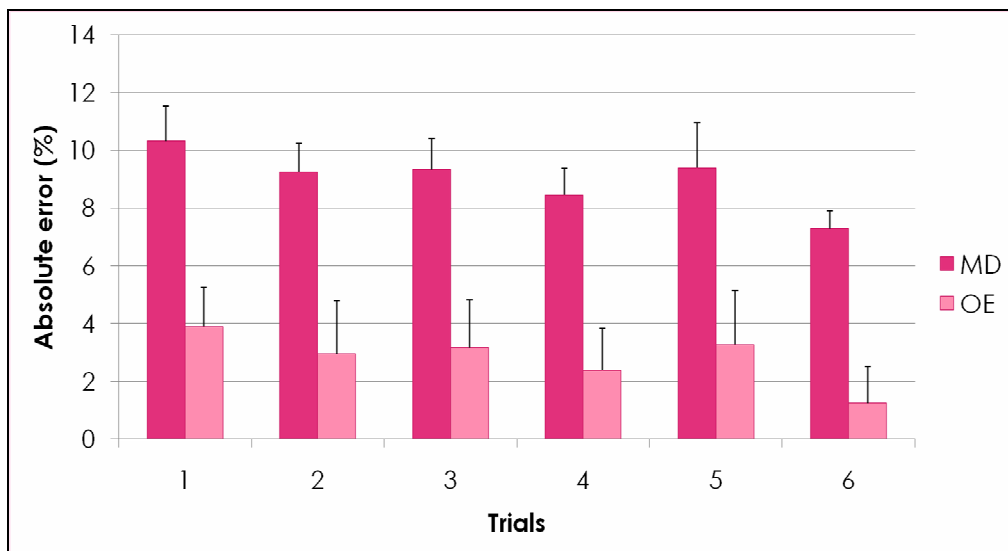


Lato destro: MD e OE non normalizzati

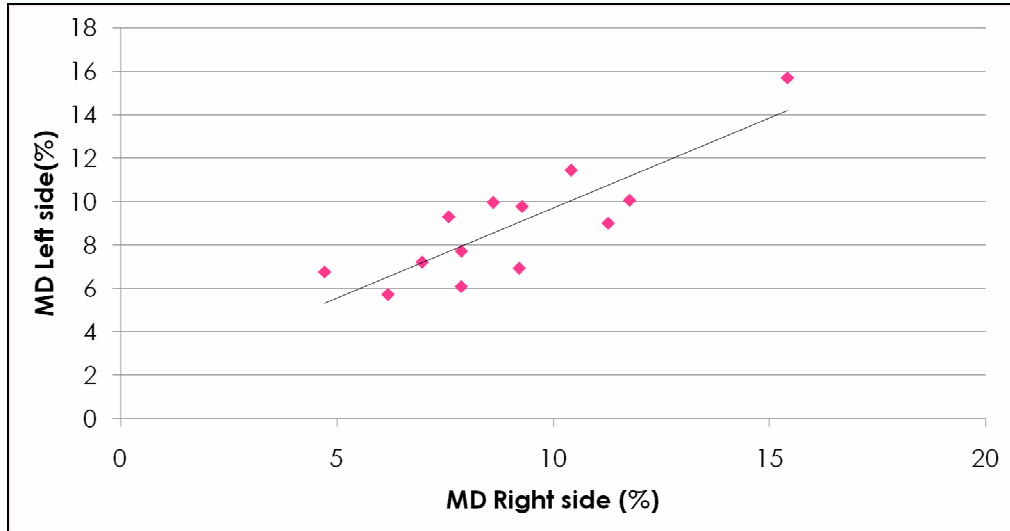
Normalizzando però i valori ottenuti viene livellata questa dipendenza:



Un decremento dei valori MD e EO viene osservata in diverse sessioni, benché né l'EO né l'MD mostrassero una dipendenza dal giorno o dalla prova. I due errori mostrano una correlazione di coefficiente di variazione ($r = 0.6$) intra soggetto; $25 \pm 13\%$ per l'MD e $37 \pm 12\%$ per l'OE.

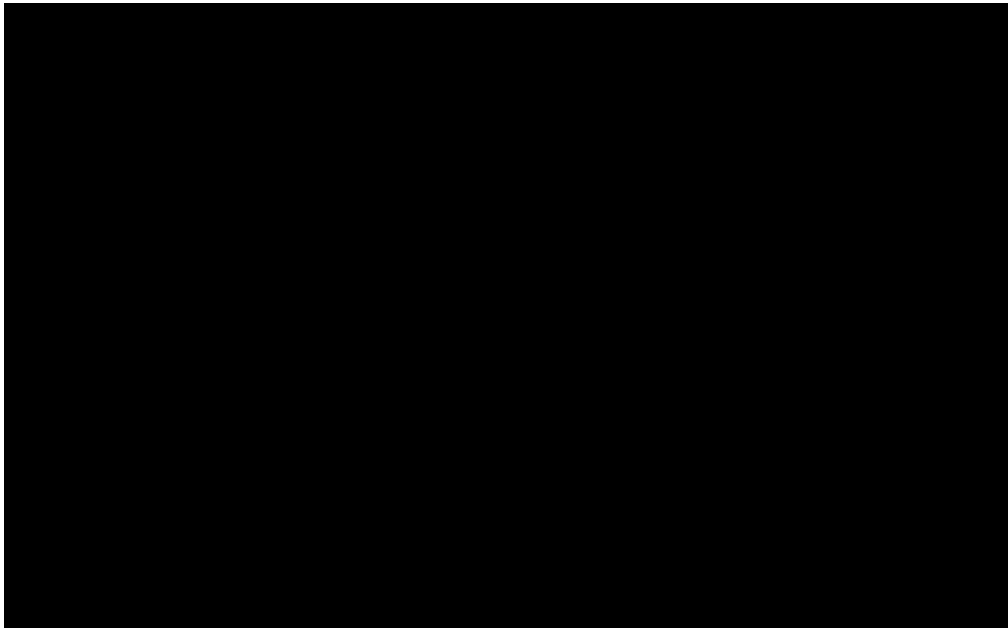


Si osserva una buona correlazione tra destra e sinistra e non si denotano particolari differenze fra i due lati:

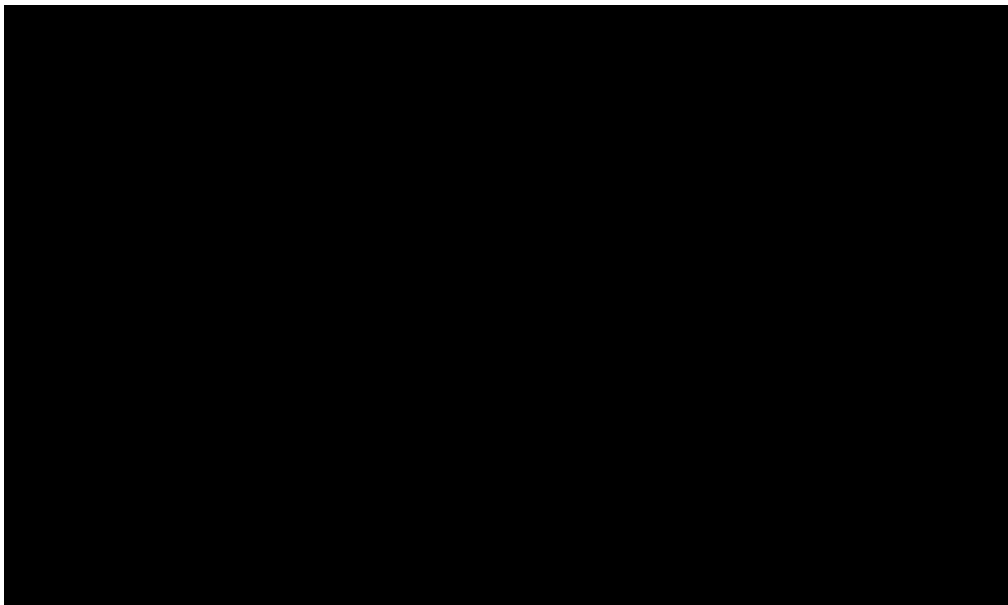


BILATERALE:

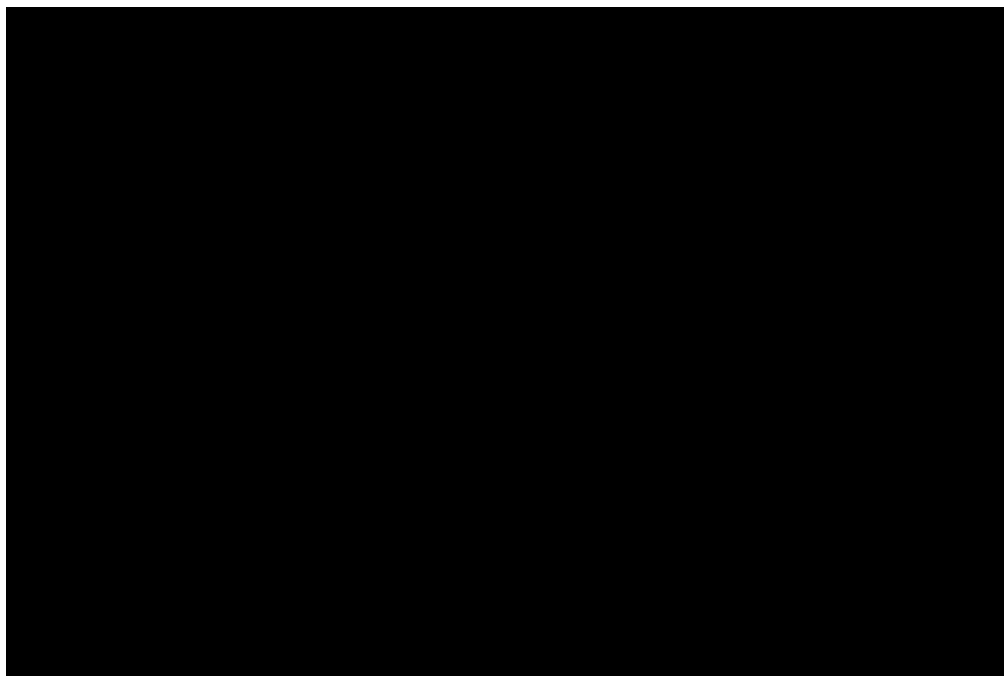
Nell'esercizio bilaterale vengono calcolati per i 13 soggetti la media, per ogni soggetto, degli errori medi di tutte e 6 le prove:



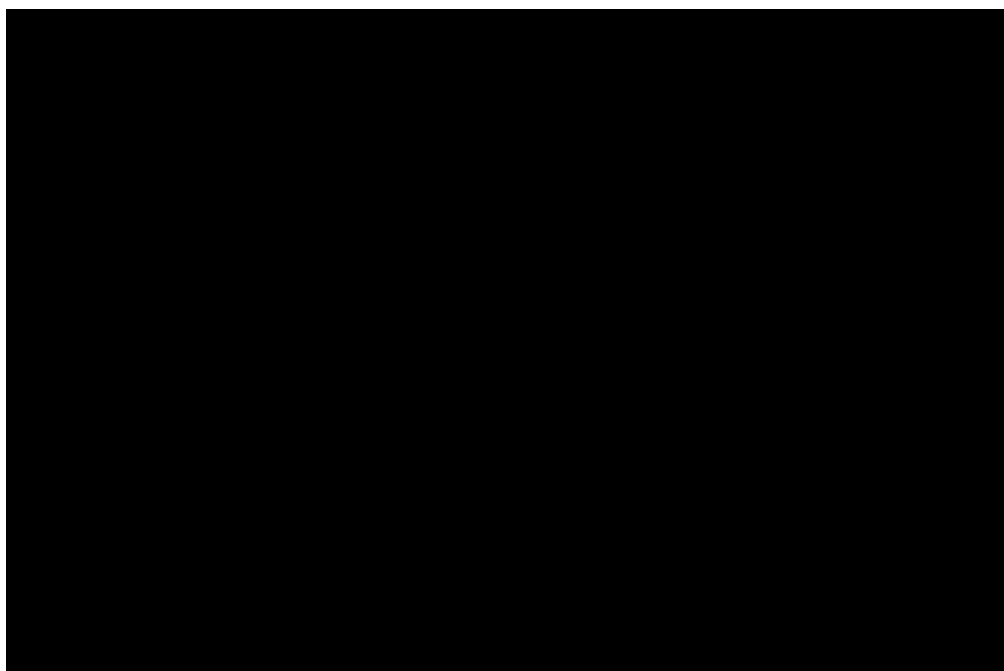
13 soggetti, media per ogni soggetto, degli errori assoluti di tutte e 6 le prove:



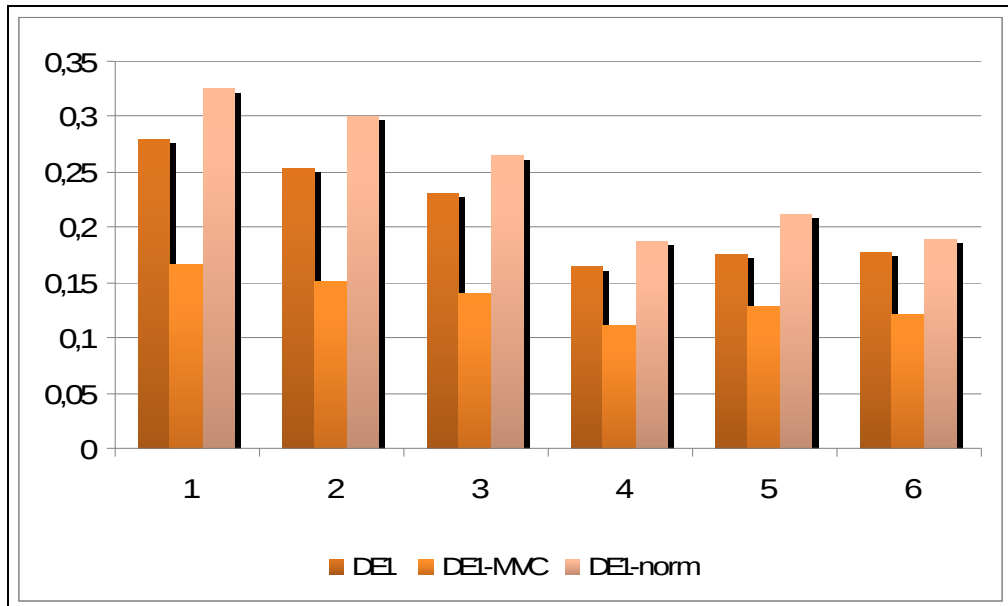
13 soggetti, media per ogni soggetto, delle distanze minime di tutte e 6 le prove:



13 soggetti, media per ogni soggetto, dell'errore quadratico medio di tutte e 6 le prove:

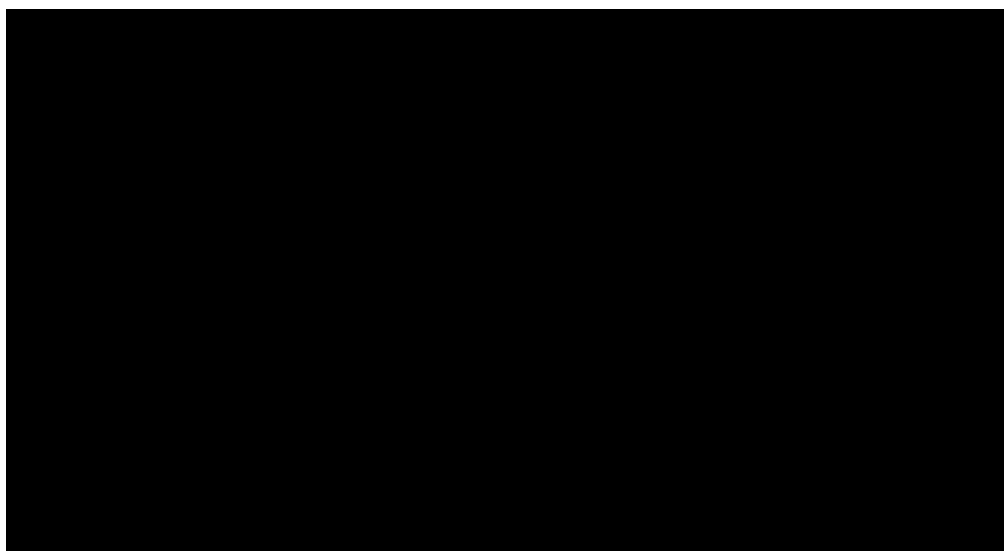
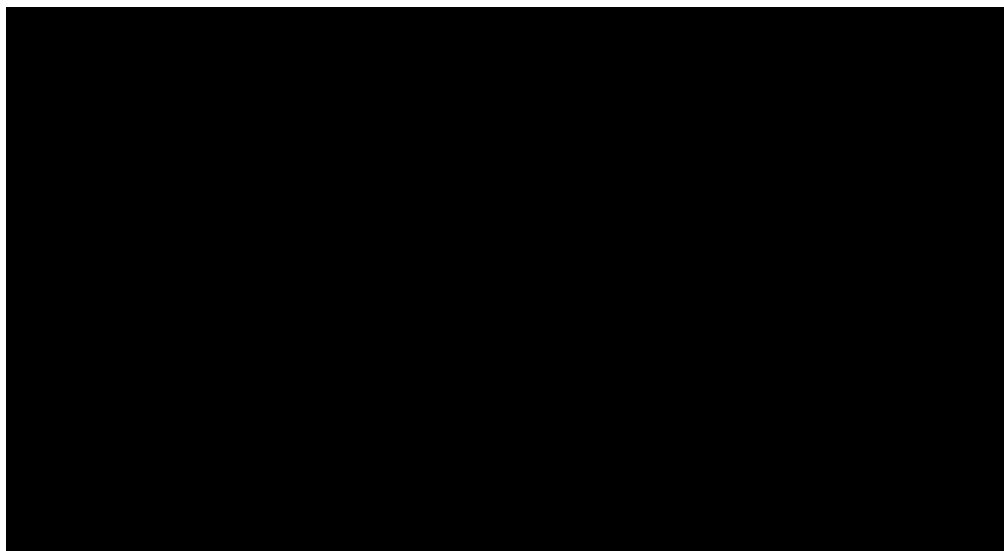


Mediamente, come si vede dal seguente grafico, è presente una fase di apprendimento il primo giorno; mentre non sembra essere presente una qualche forma di affaticamento:

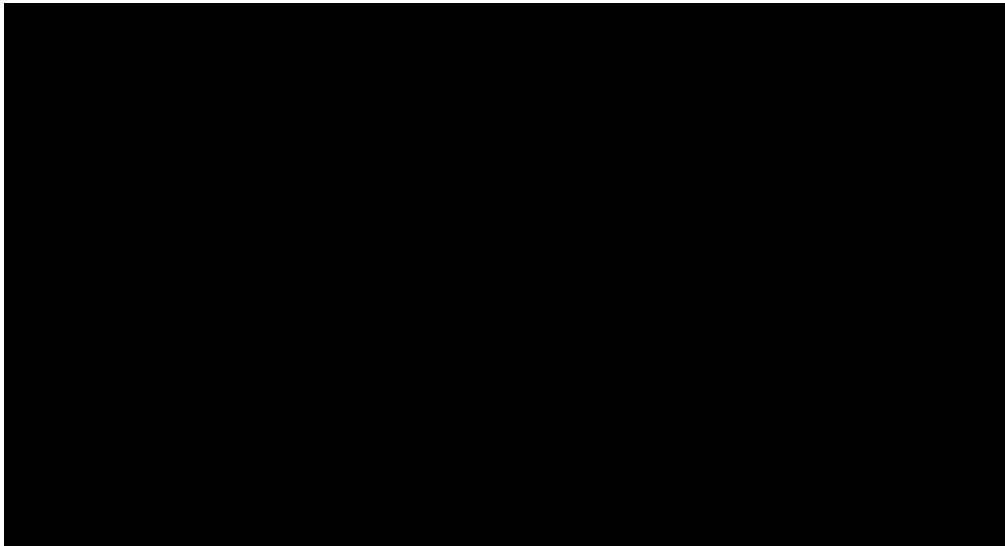


Dai grafici dell'angolo, apertura massima, ecc, si vede che la linea di regressione è orizzontale, il che significa che la normalizzazione che è stata utilizzata (rispetto al valore del target) è ottimale, visto che annulla le dipendenze degli errori dalle caratteristiche della maschera (dimensione, angolo, ecc).

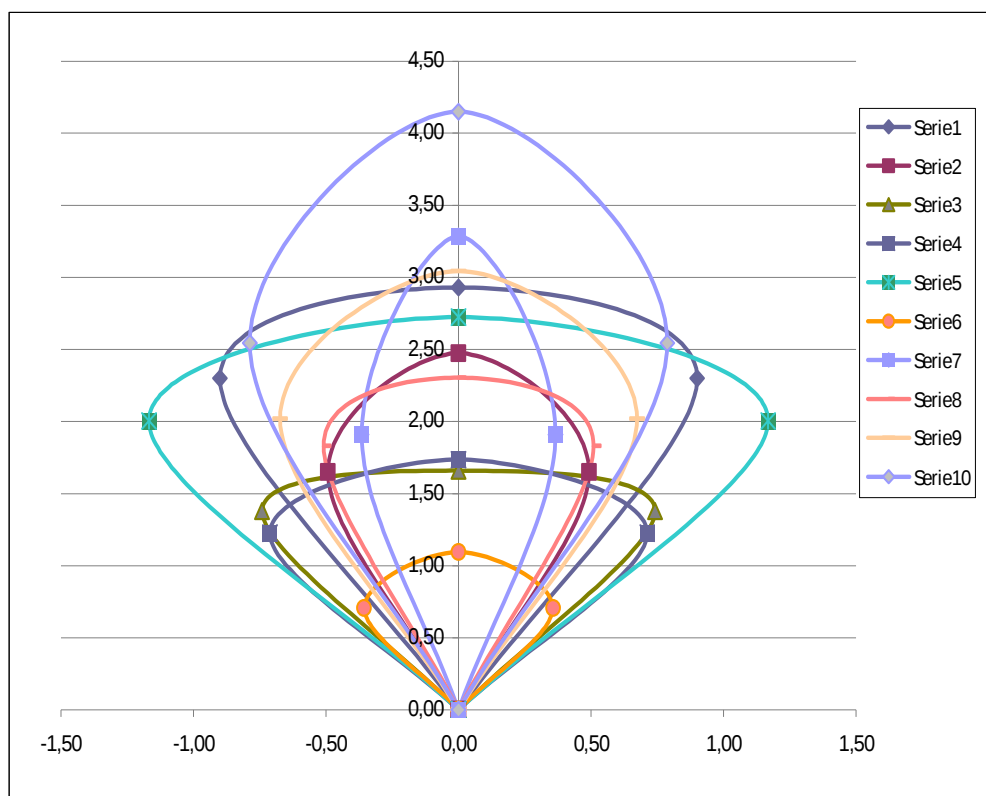
VARIABILITA' ERRORE – DIMENSIONE MASCHERA:



VARIABILITA' ERRORE-APERTURA MASCHERA



Si è dunque giunti alla costruzione delle maschere mediate:



Sebbene le graduatorie non siano identiche per tutti e tre gli indici (le 3 prove), si può osservare dal seguente grafico e dalla tabella, che sono sempre gli stessi soggetti a giocarsi le prime e le ultime posizioni :

ORDINE GRADUATORIA

Indice 1	Indice 2	Indice 3
0,034139 S6	0,047068 S9	0,128832 S6
0,054135 S9	0,061744 S1	0,192583 S9
0,059078 S1	0,069662 S13	0,2162 S1
0,080497 S2	0,075795 S5	0,268772 S13
0,080706 S13	0,07871 S2	0,285925 S5
0,085343 S5	0,078745 S6	0,303349 S2
0,103078 S8	0,086116 S7	0,348151 S11
0,111588 S12	0,092126 S4	0,367649 S12
0,115295 S4	0,092787 S8	0,396042 S10
0,118954 S11	0,104147 S12	0,405171 S4
0,120118 S10	0,112719 S11	0,408339 S8
0,128512 S7	0,117659 S3	0,427753 S7
0,155285 S3	0,154193 S10	0,491845 S3

ORDINE GRADUATORIA su secondo giorno

E1D	E1D-Mvc	E1D-Norm
0,043828 S6	0,048055 S9	0,17169 S6
0,050647 S9	0,052391 S1	0,177805 S9
0,074306 S1	0,061925 S2	0,272436 S1
0,076411 S2	0,067 S5	0,272468 S2
0,0806 S8	0,072638 S8	0,305078 S8
0,101199 S5	0,080198 S7	0,335002 S5
0,106435 S4	0,081273 S4	0,365601 S4
0,112901 S7	0,085845 S6	0,376932 S7
0,129651 S3	0,11689 S3	0,432494 S3
0,161602 S10	0,124542 S10	0,560439 S10

Grafico relativo alla graduatoria calcolata sulle ultime 3 prove (secondo giorno):

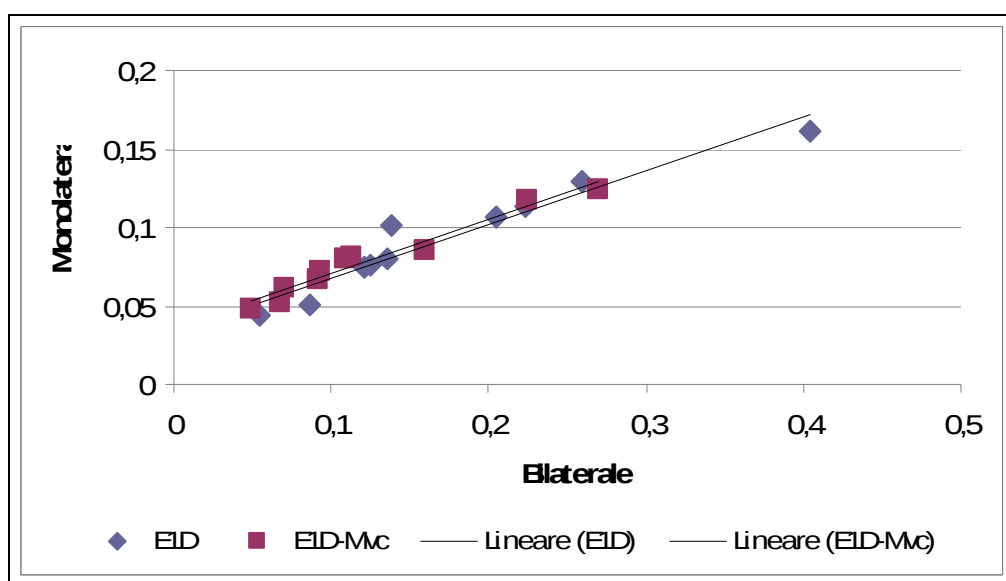
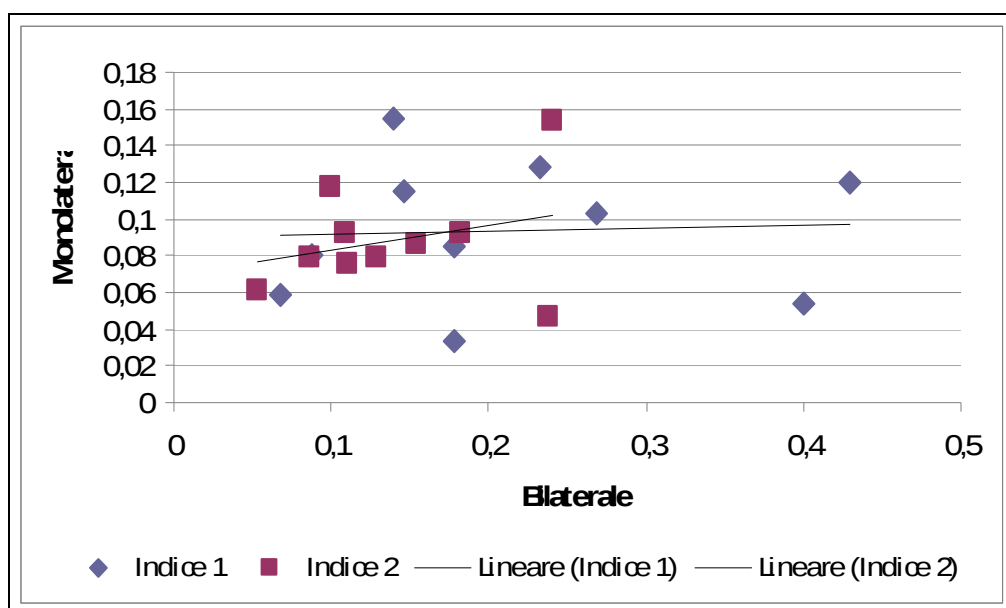


Grafico relativo alla graduatoria calcolata su tutte e 6 le prove (I e II giorno):



CONCLUSIONI

La normalizzazione dell'errore del livello di forza permette la comparazione della performance sia 'intra' che 'inter'-operatore.

Si è visto che nell'esercizio:

MONOLATERALE

- Si ha mediamente un errore maggiore nel caso di target più elevati (50%-70%), mentre l'errore diminuisce per livelli di forza più bassi
- L'andamento medio degli errori di tutti i soggetti per ogni sessione di prova indica che l'esercizio viene appreso dopo la prima prova; mentre non sembra essere presente una qualche forma di affaticamento.
- Sebbene le graduatorie non siano identiche per tutti e tre gli indici, si può osservare che sono sempre gli stessi soggetti a giocare le prime e le ultime posizioni.

BILATERALE

- La normalizzazione rispetto all'MVC può essere ritenuta valida, ma non sufficiente
- Mediamente è presente una fase di apprendimento il primo giorno; mentre non sembra essere presente una qualche forma di affaticamento.
- Sebbene le graduatorie non siano identiche per tutti e tre gli indici, si può osservare che sono sempre gli stessi soggetti a giocare le prime e le ultime posizioni.

- Coloro che si sono classificati ai primo posti nell'esercizio monolaterale, hanno avuto un risultato simile in quello bilaterale

Nelle prime valutazioni non era possibile dire se c'era un effettivo apprendimento. I soggetti non evidenziavano una marcata asimmetria, ma si dimostrava una simile performance dai 2 lati nell'esercizio monolaterale.

La ripetibilità è data invece dai parametri $p < 0.01$ di dipendenza, calcolati direttamente con il tool di statistica che ha dato i seguenti risultati:
Esercizio Bidimensionale:

- dipendenza prove $p < 0.6$
- dipendenza giornate $p < 0.01$
- dipendenza prove per le giornate $p < 0.26$
- dipendenza giornate per le prove $p < 0.26$

questo significa che c'è dipendenza del risultato dell'esercizio in base alla giornata ($p < 0.01$), quindi farlo il primo o il secondo giorno fa variare i risultati. Mentre per il resto non ci sono dipendenze (farlo la prima o la seconda prova non cambia, ecc).

Quindi la misura nel caso bilaterale è ripetibile, solo all'interno della stessa giornata.

Esercizio monolaterale sono tutte maggiori di 0.01:

- dipendenza prove $p < 0.3$
- dipendenza giornate $p < 0.2$
- dipendenza prove per le giornate $p < 0.12$
- dipendenza giornate per le prove $p < 0.12$

Si può affermare che nell'esercizio monolaterale non ci sono influenze del giorno, o del momento in cui si fa l'esercizio sul risultato dell'errore, le misure dunque sono ripetibili.

I risultati ottenuti da questo studio preliminare sembrano evidenziare la capacità di valutazione della performance motoria individuale di soggetti sani. Ulteriori lavori dovranno essere condotti per validare il potere diagnostico e terapeutico dello strumento in campioni di soggetti patologici.

BIBLIOGRAFIA:

- [1]: John W. Krakauer, Maria-Felice Ghilardi, Claude Ghez: *Indipendent learning of internal models for kinematic and dynamic control of reaching*: Nature Neuroscience – 2, 1026 - 1031 (1999)
- [2]: R. Huber, M. Felice Ghilardi, Marcello Massimini, Fabio Ferrarelli, Brady Riedner, M. Peterson, G. Tononi: *Arm immobilization causes cortical plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity*: Nature Neuroscience – 9, 1169-1176 (2006)
- [3]: Henriksen M, Alkjaer T, Lund H, Simonsen EB, Graven-Nielsen T, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H.: *Experimental quadriceps muscle pain impairs knee joint control during walking*: J Appl Physiol. 2007 Jul;103(1):132-9. Epub 2007 Apr 5.
- [4]: O'Sullivan PB, Beales DJ, Beetham JA, Cripps J, Graf F, Lin IB, Tucker B, Avery A.: *Altered motor control strategies in subjects with sacroiliac joint pain during the active straight-leg-raise test*: Spine. 2002 Jan 1;27(1):E1-8
- [5]: Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N.: *Isometric force production parameters during normal and experimental low back pain conditions*: BMC Musculoskelet Disord. 2005 Feb 9;6:6.
- [6]: Hodges PW, Richardson CA.: *Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis*: Spine. 1996 Nov 15;21(22):2640-50
- [7]: Frank Lobbezoo , Maurits K.A. van Selms, Machiel Naeije: *Masticatory muscle pain and disordered jaw motor behaviour: literature review*: Archives of Oral Biology (2006) 51,713 - 720
- [8]: C.P.Fernandes, J. Glantz, A. Svensson, A. Bergmark: *A novel sensor for bite determinations*: Dental Materials 19 (2003) 118 – 126
- [9]: Lin KC, Wu CY, Wei TH, Lee CY, Liu JS: *Effects of modified constraint-induced movement therapy on reach-to-grasp movements*

and functional performance after chronic stroke: a randomized controlled study: Clin Rehabil. 2007 Dec;21(12):1075-86

- [10]: Neely KA, Tessmer A, Binsted G, Heath M : *Goal-directed reaching: movement strategies influence the weighting of allocentric and egocentric visual cues*: Exp Brain Res. 2008 Apr;186(3):375-84. Epub 2007 Dec 18
- [11]: Wagner JM, Rhodes JA, Patten C.: *Reproducibility and minimal detectable change of three-dimensional kinematic analysis of reaching tasks in people with hemiparesis after stroke*: Phys Ther. 2008 May;88(5):652-63. Epub 2008 Mar 6
- [12]: Thomas JS, France CR, Sha D, Vander Wiele N, Moenter S, Swank K.: *The effect of chronic low back pain on trunk muscle activations in target reaching movements with various loads*: Spine. 2007 Dec 15;32(26):E801-8
- [13]: Thomas JS, France CR, Lavender SA, Johnson MR.: *Effects of fear of movement on spine velocity and acceleration after recovery from low back pain*: Spine. 2008 Mar 1;33(5):564-70
- [14]: Shuichi Sato, Satoshi Goto, Haruhiko Takanezawa, Hiroshi Kawamura, Katsutoshi Motegi: *Electromyographic and kinesiographic study in patients with non reducing disk displacement of the temporomandibular joint*: Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1996;81:516-21)
- [15]: Benbelaïd R, Fleiter B.: *Sensitivity and specificity of a new MRI method evaluating temporo-mandibular joint disc-condyle relationships: an in vivo study*. :Surg Radiol Anat. 2006 Mar;28(1):71-5. Epub 2005 Dec 20.
- [16]: C. J. Griffin and R. R. Munro: *Electromyography of the masseter and anterior temporalis muscles in patients with temporomandibular dysfunction* : Archives of Oral Biology; Volume 16, Issue 8, August 1971, Pages 929-946
- [17]: J.-Ch. Coutant, M. Mesnard *, J. Morlier, A. Ballu, M. Cid: *Discrimination of objective kinematic characters in temporomandibular joint displacements*: Archives of oral biology 53 (2008) 453 – 461

- [18]: M.K.A. van Selmsa, K. Wangb, F. Lobbezooa, P. Svenssonb, L. Arendt-Nielsenb, M. Naeijea: *Effects of masticatory muscle fatigue without and with experimental pain on jaw-stretch reflexes in healthy men and women*: Clinical Neurophysiology 116 (2005) 1415–1423
- [19]: James P. Lund and Arlette Kolta: *Generation of the Central Masticatory Pattern and Its Modification by Sensory Feedback*: 2006