



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI URBINO Carlo Bo**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOMOLECOLARI**

**Dottorato di Ricerca in Scienze della Vita, Salute e Biotecnologie**

**Curriculum: SCIENZE DELL'ESERCIZIO FISICO E SALUTE**

***Ciclo XXIX***

---

***VALUTAZIONI STRUMENTALI E OUTCOME DI  
PAZIENTI OPERATI DI PROTESI INVERSA DI SPALLA:  
NUOVI APPROCCI E NUOVE PROSPETTIVE***

*Settore Scientifico Disciplinare (SSD): M-EDF/02*

***Relatore:***

**Chiar.mo Prof. Piero Benelli**

***Dottorando:***

**Dott. Francesco Fardetti**

***Coordinatore Dottorato***

***Chiar.mo Prof. ssa Falcieri Elisabetta***

---

ANNO ACCADEMICO 2015-2016

*Al Dott. Alessandro Beccarini*

## **ABSTRACT**

### **INSTRUMENTAL EVALUATIONS AND OUTCOMES IN REVERSE SHOULDER ARTHROPLASTY OPERATED PATIENTS: NEW APPROACHES AND PERSPECTIVES**

The study conducted on the reverse shoulder arthroplasty has been divided into two related research branches:

#### **STUDY N. 1**

Aim:

In case of massive and irreparable rotators cuff damage, with shoulder joint pseudoparalysis, a therapeutic option is represented by the implant of a reverse shoulder arthroplasty (RSA).

It consists in the alteration of the normal anatomy of the shoulder and, in particular, it implies the application of a sphere, called Gleno-sphere, which replaces the normal glenoid concavity, and the realization of a concavity at the level of the convex surface of the humeral head, thus creating an anatomical overturning. Hence, with respect to a standard anatomic prosthesis, the innovative design of the Grammont prosthesis changes the anatomical profiles of the humeral and glenoid joint surface.

Due to this new anatomic structure, and without the support of the supraspinous muscle (that is one of the rotators cuff), the glenoid humeral movement is completely managed by the deltoid (by exploiting the action of the deltoid in the elevation and abduction of the shoulder), with the eventual support of the teres minor.

It is therefore necessary to acquire new motor patterns for the execution of the scapular-humeral movements. This study aims at measuring the length of their acquisition by the central nervous system, in presence of a prosthesis that modifies the standard shoulder joint anatomy, through different rehabilitative approaches: neuro-motor personalised rehabilitation vs rehabilitation through a standard rehabilitative protocol.

The experimental hypothesis that stands behind this goal is that a neuro-motor rehabilitative procedure that uses "biofeedback" is more suitable and effective in the acquisition of new motor patterns by patients who have to acquire *ex novo* a motor scheme.

Comparing the two functional recovery paths of the shoulder, it emerges that a rehabilitation centered on the usage of "biofeedback" (that implement motor acquisition with visual and proprioceptive afferents), can partly compensate for the lack of proprioceptive afferents from the supraspinous muscle and from the the capsular and periprosthetic structures damaged by the basic pathology or sacrificed for the RSA implant, thus guaranteeing a better outcome.

The analysis of the results deriving from the evaluations effectuated during the two functional recovery paths, with respect to the arc of motion and to muscle activation, as foreseen in the research protocol, shows statistical relevant differences about the proprioceptive skill.

## **STUDY N. 2**

Aim:

This study aims at detecting central nervous system (CNS) activation patterns related to the execution of voluntary shoulder movements in subjects undergone reverse shoulder arthroplasty (RSA).

RSA determines innovative changes in shoulder mechanics, muscle contraction effect, and sensory information, requiring sensory recalibration and new muscle synergies for shoulder control. Functional recovery, therefore, results from motor learning processes expected to be related to new specific CNS activation patterns, detectable with functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI). Diseases and injuries, determining persistent alterations of the musculoskeletal system, are very frequent in the course of life and require rapid adaptations to recovery and maintain maximal motor function. Understanding both central processes, that constitute the background of these adaptations, and the changes in motor strategies and muscle synergies, could be helpful in improving therapeutic measures in terms of patient eligibility criteria, prosthesis design, surgical technique, and rehabilitative intervention.

Hopefully, this research will blaze a new trail to an increased comprehension of the adaptations occurring after analogue changes in other musculoskeletal districts.

In addition, the analysis of CNS activation after RSA represents a novel approach to the fMRI study of motor learning, since in our study, unlike the most diffused paradigms in which central plasticity is elicited by the execution of new motor tasks or as an adaptation to CNS lesions, central modifications are elicited as an adaptation to permanent peripheral changes in the musculoskeletal system.

This original point of view has the potential to discover aspects of central adaptation not yet evidenced.

The CNS activation patterns elicited during the repetitions of standardized shoulder movements have been analysed by means of BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) fMRI.

The patients underwent RSA 6 months before the test.

Activation was assumed when "Z score" exceeded the value of 4 relative to BOLD signal recorded in patients at rest.

Activation patterns elicited during a RSA shoulder voluntary movement were compared (within the subject) with those elicited during the same movement with the contralateral healthy limb and with those from the controls, in order to highlight the peculiarities ascribable to the RSA intervention.

In cortical contralateral activation during voluntary test movements involving both S1 and M1, the intensity and extent of BOLD enhancement during a RSA shoulder movement was comparable with that observed in control conditions.

Only minor non systematic differences have been appreciated in single cases, consisting in a small contralateral prevalence of cortical activation during RSA limb activity.

The most evident effect consisted in an enhanced activation of the cerebellum during RSA shoulder movements, which resulted more intense and extended, than in control conditions.

The enhancement of the BOLD signal has been observed mainly in the ipsilateral cerebellar hemisphere, even if, in some cases, it included the contralateral one too.

The inferior lateral aspect of the posterior cerebellar lobe showed the most extensive and intense signal enhancement, but, frequently (%), the activation pattern also included the superior aspect of the same lobe.

The large recruitment of cerebellar structures, evidenced during RSA shoulder movements, suggests a fundamental role of the cerebellum in the control of RSA shoulder, necessary to recalibrate sensory-motor processing for an efficacious programming and control of the movement.

These results are in line with previous studies evidencing a significant cerebellar activation in motor tasks, requiring continuous feedback and adaptation for their correct kinematics, due to the continuous presence of unexpected perturbing conditions following RSA and joint pathology. RSA, indeed, is characterized by deep structural and sensory-motor changes of the shoulder, determining completely new execution conditions, whose challenge is worsened by concomitant degenerative and inflammatory processes of varying intensity.

These characteristics represent a permanent perturbative factor requiring continuous adaptation of the motor command.

Indeed, even six months after surgery some parameters of important ADL movements, such as the achievement of muscle flexion and abduction, still evidence limitations (target-approaching speed, humeral elevation angular speed and fluidity of movement) (Postacchini 2015) suggesting the persistence of perturbing factors, that the control system tries to neutralize.

The increased control, demanded during movement execution, results in the large recruitment of cerebellar networks and in the enhancement of the BOLD cerebellar signal.

Considering the key role of the cerebellum in RSA shoulder control, its structural and functional integrity may represent an eligibility criterion for RSA, which otherwise is likely to fail. A pre-surgery clinical evaluation of the cerebellar function, including a possible functional imaging study, could be then recommended, in order to select eligible subjects for RSA.

## **ABSTRACT**

### **VALUTAZIONI STRUMENTALI E OUTCOME DI PAZIENTI OPERATI DI PROTESI INVERSA DI SPALLA: NUOVI APPROCCI E NUOVE PROSPETTIVE**

Le indagini condotte sull'artroprotesi inversa di spalla sono state divise in due studi di ricerca correlati tra loro:

#### **STUDIO N. 1**

Scopo:

In caso di danno massivo ed irreparabile della Cuffia dei rotatori, con pseudoparalisi dell'articolazione della spalla, un'opzione terapeutica è rappresentata dall'impianto di una RSA.

Questa consiste nel creare una alterazione della normale anatomia della spalla ed in particolare prevede l'applicazione di una sfera, detta appunto Gleno-sfera, che va a sostituire la normale concavità presente a livello della Glenoide, e nel creare una concavità a livello della superficie convessa della testa dell'Omero, creando pertanto un sovvertimento anatomico.

Quindi rispetto ad una protesi anatomica standard, l'innovativo design della protesi di Grammont attua un'inversione dei profili anatomici della superficie articolare glenoide e omerale.

In virtù di questo nuovo assetto anatomico, e senza l'ausilio del muscolo soprascapolo (un muscolo che contribuisce a formare la cuffia dei rotatori), il movimento gleno omerale viene "gestito" completamente dal muscolo Deltoide (si sfrutta l'azione del muscolo deltoide per l'elevazione e l'abduzione della spalla) con l'eventuale ausilio del muscolo Piccolo Rotondo.

Occorre pertanto riacquisire nuovi schemi motori per l'esecuzione dei movimenti scapolo-omerale.

In questo nostro studio, si cerca di capire meglio i tempi di acquisizione da parte del Sistema Nervoso Centrale di nuovi schemi motori analizzando i tempi di recupero dell'arco di movimento in caso di protesi che alterano la normale anatomia articolare della spalla con approcci riabilitativi differenti: riabilitazione neuromotoria personalizzata vs riabilitazione con protocollo riabilitativo standard.

L'ipotesi sperimentale che sta dietro questo obiettivo è che una riabilitazione neuromotoria che prevede l'impiego di "biofeedback", è più adatta ed efficace a far acquisire nuovi schemi motori in pazienti che devono riapprendere "ex novo" uno schema motorio.

Dal confronto tra i due percorsi di recupero funzionale della spalla emerge che una riabilitazione incentrata sull'uso di "biofeedback" (che implementano l'apprendimento motorio con afferenze sia visive che propriocettive) riesce in parte a supplire l'assenza di afferenze propriocettive

provenienti dal muscolo soprascapolare, e dalle strutture capsulari e peri-protesiche danneggiate dalla patologia di base o sacrificate per permettere l'impianto di una RSA, permettendo un "outcome" migliore. Questo emerge dal confronto delle valutazioni effettuate previste dal protocollo di studio durante i due percorsi di recupero, sia riguardo all'arco di movimento, sia l'attivazione muscolare che l'abilità propriocettiva con differenze statisticamente significative tra i due differenti percorsi di recupero funzionale.

## **STUDIO N. 2**

Scopo:

Questo studio ha lo scopo di rilevare i patterns di attivazione del sistema nervoso centrale (CNS) relativi all'esecuzione di movimenti volontari della spalla in soggetti sottoposti a protesi di spalla inversa (RSA).

Una protesi inversa di spalla determina dei cambiamenti della biomeccanica della spalla, dell'effetto della contrazione muscolare, e delle informazioni sensoriali propriocettive afferenti, mai osservate in precedenza con altri tipi di protesi, e richiede una ricalibrazione sensoriale e nuove sinergie muscolari per il controllo spalla.

Il recupero funzionale, di conseguenza, deriva da nuovi processi di apprendimento motorio che sono conseguenza di nuovi e specifici patterns di attivazione del sistema nervoso centrale, i quali possono essere rilevati con la risonanza magnetica funzionale (fMRI).

Malattie e infortuni, nel corso della vita possono determinare in modo molto frequente alterazioni persistenti del sistema muscolo-scheletrico, e richiedono per recuperare adattamenti neuromotori rapidi, atti a mantenere una funzione motoria ottimale (per garantire una qualità di vita soddisfacente).

La comprensione dei processi centrali, protagonisti di questi adattamenti, in combinazione con la comprensione dei cambiamenti delle sinergie muscolari e nelle strategie motorie messe in atto potrebbero contribuire a migliorare il percorso terapeutico in toto, anche in termini di criteri di ammissibilità ed eleggibilità dei pazienti all'intervento di artroprotesi, e potrebbe inoltre migliorare la progettazione di queste protesi, la tecnica chirurgica, ed il percorso riabilitativo - adattativo che ne consegue.

L'auspicio è che questa ricerca avvierà un percorso per comprendere ed interpretare al meglio gli adattamenti centrali che si verificano dopo modifiche simili, che potrebbero instaurarsi in altri distretti corporei muscolo-scheletrici.

Inoltre, l'analisi dell'attivazione Sistema Nervoso Centrale dopo una protesi inversa di spalla rappresenta un nuovo approccio allo studio con la Risonanza Magnetica Funzionale per quanto



concerne un apprendimento motorio, poiché, a differenza di molti paradigmi e modelli studiati fino ad ora, in cui la plasticità centrale è studiata a partire dall'esecuzione di nuovi compiti motori o come adattamento a lesioni del sistema nervoso centrale, nel nostro studio, le modifiche centrali sono determinate dall'adattamento del sistema nervoso centrale ai cambiamenti periferici permanenti nel sistema muscolo-scheletrico.

Questo punto di vista originale ha il potenziale di scoprire aspetti di adattamento centrale che ancora non sono stati evidenziati ed esplorati. I patterns di attivazione del sistema nervoso centrale suscitati da un movimento ripetuto e standardizzato della spalla, sono stati analizzati e catturati per mezzo del fenomeno BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) attraverso la fMRI in soggetti volontari. Con l'attivazione di una certa funzione motoria, si verifica un incremento di flusso ematico cerebrale nell'area centrale preposta al controllo somato-motorio, per far fronte all'aumento delle esigenze funzionali neuronali. Incrementa quindi anche l'emoglobina deossigenata che possiede proprietà paramagnetiche, comportandosi come mezzo di contrasto endogeno, che causa un aumento di segnale, captato dalla RMN. I pazienti analizzati che sono stati sottoposti a RSA hanno atteso almeno 6 mesi prima della prova con fMRI dopo l'intervento chirurgico, ed inoltre sono stati analizzati alcuni soggetti, inclusi nello studio come controlli sani, senza patologia della spalla.

Abbiamo considerato di almeno 6 mesi il tempo minimo necessario affinché si possa considerare concluso il tempo necessario per terminare l'iter terapeutico-riabilitativo necessario per considerare il paziente "guarito" e "recuperato" in modo completo dall'intervento e che abbia comunque raggiunto la sua massima performance articolare. L'attivazione neuronale è stata assunta ed acquisita come tale quando lo "Z score" ha superato il valore di almeno 5 volte rispetto al segnale BOLD che è stato registrato a riposo.

I patterns di attivazione indotti durante il movimento volontario della spalla con la protesi inversa sono stati confrontati (all'interno dello stesso soggetto) con quelli ottenuti durante lo stesso movimento con l'arto sano controlaterale e con quelli dei controlli, per evidenziare le specificità dovute all'intervento di RSA. In attesa di analizzare meglio i risultati e di avere una analisi completa della casistica studiata, con anche l'ausilio di specialisti, qui sono presentati dei dati e dei risultati preliminari. L'attivazione corticale controlaterale durante i movimenti volontari eseguiti durante il test, coinvolge sia S1 e M1. Il valore di intensità ed estensione del segnale BOLD captato e registrato durante il movimento della spalla portatrice di RSA era paragonabile a quello osservato in condizioni di controllo.

Solo piccole differenze non sistematiche erano state rilevate in singoli casi, che consistevano in una piccola prevalenza di attivazione corticale controlaterale durante il movimento volontario dell'arto portatore di RSA.

L'effetto più evidente "invece" consisteva in una maggiore attivazione del cervelletto registrata durante i movimenti della spalla portatrice di RSA che ha provocato una attivazione cerebellare più intensa ed estesa rispetto all'attivazione riscontrata nei controlli.

L'incremento del segnale BOLD è stato osservato soprattutto nell'emisfero cerebellare ipsilaterale all'impianto protesico, tuttavia, in alcuni casi, comprendeva anche l'attivazione cerebellare controlaterale rispetto all'arto dove è stato eseguito il movimento.

La parte laterale inferiore del lobo cerebellare posteriore ha mostrato l'incremento del segnale più ampio e intenso, ma, spesso, in una percentuale non irrilevante di casi sono stati osservati anche patterns di attivazione anche nella parte superiore dello stesso lobo.

Il massivo reclutamento di strutture cerebellari, che si evince durante i movimenti della spalla portatrice di protesi inversa, suggerisce un ruolo fondamentale del cervelletto nel controllo della spalle con RSA necessario per ricalibrare e rielaborare i processi moto-sensoriali per una programmazione motoria efficace e per il controllo del movimento volontario.

Questi risultati sono in linea con precedenti studi, che hanno attestato una significativa attivazione cerebellare in compiti motori che richiedono un continuo "feedback" ed un continuo adattamento per una corretta cinematica del movimento, a causa della continua presenza di una inaspettata condizione perturbativa permanente, rappresentata dall'impianto di una RSA, e dalla patologia articolare.

L'impianto di una RSA, infatti, è caratterizzato da profondi cambiamenti strutturali, motori e sensoriali della spalla, che determinano delle condizioni di esecuzione del movimento mai sperimentate prima; tali condizioni sono resi più gravi ed aggravati da concomitanti processi degenerativi ed infiammatori/reattivi di varia intensità che caratterizzano tali pazienti dopo l'impianto protesico. Queste caratteristiche rappresentano un fattore perturbativo permanente che impongono e richiedono un continuo adattamento dell'attività motoria volontaria. In effetti, come si evince da alcuni studi, anche sei mesi dopo l'intervento chirurgico, alcuni parametri importanti per il movimento articolare, come ad esempio il raggiungimento del massimo movimento in flessione o in abduzione per raggiungere un oggetto, presentano ancora limitazioni, ad alcune prove (es. velocità di avvicinamento al bersaglio, velocità angolare dell'elevazione omerale e la fluidità di movimento) presentano un recupero ancora non ottimale (Postacchini 2015), il che suggerisce la persistenza di fattori perturbativi che il sistema di controllo tenta di neutralizzare. L'incremento della richiesta di controllo del movimento durante l'esecuzione del

ROM è evidenziato da una grande attivazione di reti neuronali cerebellari e questo è evidenziato da un aumento del segnale BOLD cerebellare.

Considerando quindi il ruolo chiave del cervelletto nel controllo spalla con RSA, la sua integrità strutturale anatomica e funzionale può rappresentare un criterio di ammissibilità per un intervento di protesi inversa di spalla, altrimenti il rischio di un fallimento dell'impianto protesico è elevato.

Una valutazione clinica pre-operatoria della funzione cerebellare (tra cui un eventuale studio di imaging funzionale, nei casi con funzione cerebellare alterata clinicamente) potrebbe essere quindi consigliabile, al fine di selezionare i soggetti che possono maggiormente beneficiare di una RSA.

## ***INDICE***

## **STUDIO N.1**

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>Anatomia funzionale della spalla .....</b>	<b>3</b>
<b>LA PROTESI DI SPALLA INVERSA .....</b>	<b>11</b>
<b>Descrizione dell'intervento di artroprotesi inversa di spalla .....</b>	<b>12</b>
<b>SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>15</b>
<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>18</b>
<b>Protocollo di valutazione .....</b>	<b>22</b>
<b>RISULTATI.....</b>	<b>36</b>
<b>Soggetti inseriti nel protocollo di ricerca .....</b>	<b>37</b>
<b>Valutazione pre-operatoria.....</b>	<b>39</b>
<b>Prima valutazione post-operatoria.....</b>	<b>52</b>
<b>Seconda valutazione post-operatoria.....</b>	<b>71</b>
<b>Terza valutazione post-operatoria .....</b>	<b>90</b>
<b>Quarta valutazione post-operatoria.....</b>	<b>110</b>
<b>Valutazione lato sano .....</b>	<b>129</b>
<b>DISCUSSIONE e CONCLUSIONI.....</b>	<b>136</b>
<b>La protesi di spalla come fattore perturbativo permanente del SNC.....</b>	<b>142</b>

## **STUDIO N.2**

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>155</b>
<b>SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>159</b>
<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>161</b>
<b>RISULTATI.....</b>	<b>167</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>178</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>181</b>

## ***INTRODUZIONE STUDIO N. 1***

In caso di danno massivo ed irreparabile della Cuffia dei rotatori, con pseudoparalisi dell'articolazione della spalla, un'opzione terapeutica è rappresentata dall'impianto di una RSA. Questa consiste nel creare una alterazione della normale anatomia della spalla ed in particolare prevede l'applicazione di una sfera, detta appunto Gleno-sfera, che va a sostituire la normale concavità presente a livello della Glenoide, e nel creare una concavità a livello della superficie convessa della testa dell'Omero, creando pertanto un sovvertimento anatomico. Quindi rispetto ad una protesi anatomica standard, l'innovativo design della protesi di Grammont attua un'inversione dei profili anatomici della superficie articolare glenoidea e omerale.

In virtù di questo nuovo assetto anatomico, e senza l'ausilio del muscolo Soprasspinoso (un muscolo che contribuisce a formare la cuffia dei rotatori), il movimento gleno omerale viene "gestito" completamente dal muscolo Deltoide (si sfrutta l'azione del muscolo deltoide per l'elevazione e l'abduzione della spalla) con l'eventuale ausilio del muscolo Piccolo Rotondo.

Occorre pertanto riacquisire nuovi schemi motori per l'esecuzione dei movimenti scapolo-omerale.

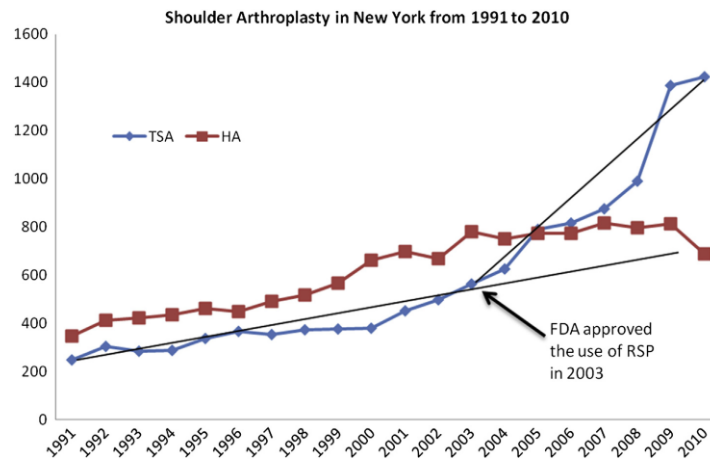
In questo nostro studio, che cerca di capire meglio i tempi di acquisizione da parte del Sistema Nervoso Centrale di nuovi schemi motori e i vantaggi apportati dall'impianto di una RSA nell'esecuzione dei movimenti, l'acquisizione di dati numerici circa il ROM vengono effettuati attraverso l'ausilio di una macchina appositamente studiata e tarata per seguire tutto l'arco di movimento scapolo-omerale, e di tutto l'arto superiore, come un braccio che segue gli snodi articolari principali dell'arto superiore, collegandola ad un software che ci permette di ottenere dati numerici oggettivi e confrontabili, non soggetti all'interpretazione di un operatore.

Inoltre è possibile ottenere dati sui muscoli reclutati dal paziente per l'esecuzione del movimento attraverso l'elettromiografia con applicazione di elettrodi di superficie.

Abbiamo anche eseguito uno studio in collaborazione con l'Istituto di Neuroradiologia dell'Azienda Ospedaliera di Perugia, studiando come varia funzionalmente il Sistema Nervoso Centrale in virtù di un impianto protesico che stravolge la normale anatomia funzionale e articolare della spalla, attraverso l'ausilio di una RMN 3 Tesla che permette di ottenere dati sulle aree cerebrali funzionalmente coinvolte nell'esecuzione di un movimento articolare.

Comprendere meglio come si adatta una RSA nell'organismo umano è importante, infatti come evidenziato da vari studi, negli ultimi anni è notevolmente aumentato il numero di pazienti a cui è stata impiantata una RSA (Reverse Shoulder Arthroplasty- artroprotesi inversa di spalla). Ad esempio negli Stati Uniti si è assistito ad un notevole incremento del numero di protesi di spalla impiantate nel triennio che va dal 2009 al 2011 passando da 52397 impianti nel 2009 a 67184 impianti nel 2011. Il 42% di tutti i primi impianti è rappresentato da protesi inverse (Nitin B. J. et al 2014).

Questo incremento si deve anche al fatto che l'utilizzo di artroplastica totale inversa è stato approvato dagli Stati Uniti Food and Drug Administration nel novembre 2003.



(HA) shoulder hemiarthroplasty.

(TSA) anatomic (ATSA) or reverse total shoulder arthroplasty (RTSA).

Fig. 1: Il grafico mostra il notevole incremento del numero di protesi di spalla impiantate dal 1991 al 2010: è possibile vedere quanto il numero di impianti sia incrementato dal 2003, quando cioè l'FDA ha approvato l'uso della RSA (Khatib O. et al 2015).

## ANATOMIA FUNZIONALE DELLA SPALLA

La spalla è una articolazione molto complessa, che congiunge l'arto superiore al tronco. E' composta da molti gruppi muscolari, da varie articolazioni e da un complesso sistema tendineo. L'articolazione scapolo-omerale è l'articolazione più mobile del corpo umano. L'articolazione scapolo-omerale è un'enartrosi, cioè un'articolazione mobile, le cui superfici articolari sono costituite da una forma sferica o semisferica e da una concavità a sua volta sferica. Le enartrosi consentono di effettuare i movimenti di rotazione, flessione, estensione, adduzione e abduzione (movimenti in tutti i piani dello spazio). Tipici esempi, nel corpo umano, sono le articolazioni della spalla (articolazione scapolo-omerale) e dell'anca. La spalla è un'articolazione che lavora soprattutto in trazione, al contrario del ginocchio e dell'anca che lavorano soprattutto in compressione, e perciò può andare incontro ad un precoce interessamento delle strutture muscolo-tendinee periarticolari.



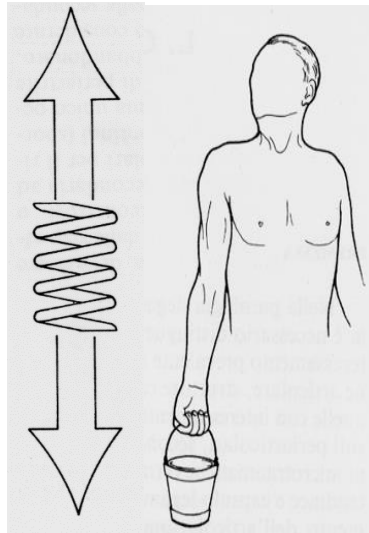


Fig. 2: La figura enfatizza il concetto che la spalla è una articolazione che lavora in trazione: infatti il solo peso dell'arto durante l'ortostatismo tende a diastare la testa omerale dalla glena e dall'acromion. Durante il clinostatismo (quindi soprattutto nelle ore notturne) la situazione cambia, perché la forza di gravità non agisce come forza diastante, e questo, in caso di patologie articolari o periarticolari può aumentare il dolore (riferito durante il clinostatismo). (Fig. presa da "Chirurgia della spalla di NEER" - 1992).

Questo è vero anche perché esiste una sproporzione tra le superfici articolari che la compongono cioè tra la testa dell'omero e la glena: infatti la cavità glenoidea che dovrebbe contenere la testa è 3 volte meno larga della testa omerale con un vincolo osseo minimo (a differenza dell'anca dove il vincolo è maggiore). Quindi il vincolo è determinato dalle strutture muscolo-tendinee.

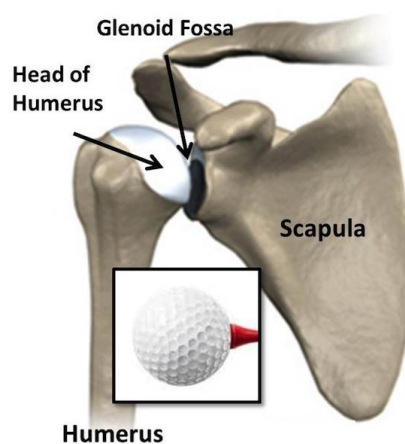


Fig. 3: la figura mostra le proporzioni esistenti tra le varie strutture articolari. La cavità glenoidea che dovrebbe contenere la testa dell'omero, è 3 volte meno larga della testa omerale.

(<http://cdn1.therxreview.com/wp-content/uploads/2015/03/figure-3.-glenohumeral-golf.jpg>).

Il peso del braccio esercita una trazione sulle spalle allargando lo spazio tra l'acromion e la testa dell'Omero.

In questo modo, la pressione sulla borsa e sui tendini dell'articolazione diminuisce e la circolazione sanguigna riesce ad arrivare ai tendini senza ostacoli.

Testut Jacob nel suo "Trattato di Anatomia Topografica." propone la seguente definizione: "La spalla è quella specie di cintura ossea, formata dalla scapola e dalla clavicola, la quale riunisce il braccio al torace" (Testut Jacob – "Trattato di Anatomia Topografica").

La spalla è composta da articolazioni vere, una articolazione così detta falsa ed infine una articolazione virtuale.

Le articolazioni vere (cioè formate da: cartilagine, sinoviale, capsula, legamenti) sono:

- la sterno-claveare,
- l'acromion-claveare,
- ed infine la gleno-omerale.

L'articolazione falsa (che è in realtà una borsa di scorrimento), è l'articolazione scapolo-toracica. Il movimento scapolo-toracico è stimato approssimativamente in 60 gradi degli ipotetici 180 gradi di mobilità dell'arto superiore.

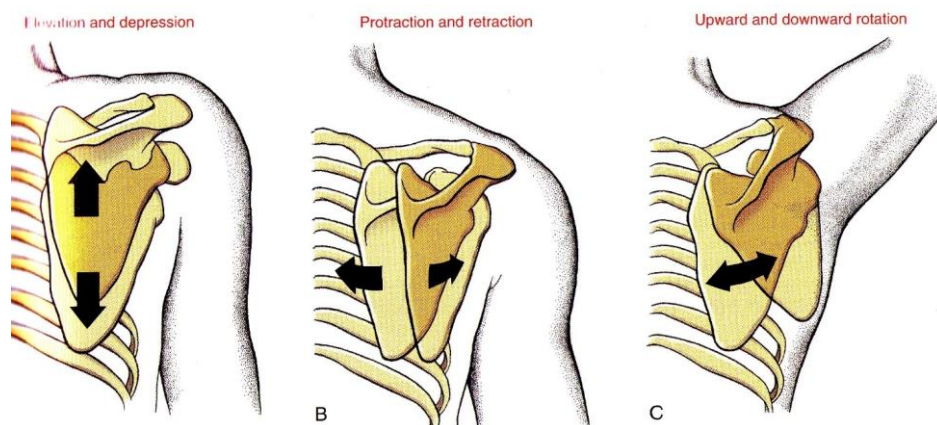


Fig. 4: Gradi di libertà della scapula rispetto al tronco. Il movimento scapolo-toracico contribuisce per 60 gradi circa degli ipotetici 180 gradi di mobilità dell'arto superiore

(<http://www.matrixfitnessblog.it/wp-content/uploads/2015/01/movimentiarticolazioni.jpg>)

La scapola è mantenuta sospesa alla clavicola dal meccanismo di sospensione (legamenti coraco-clavicolari detti appunto legamenti di sospensione, che sopportano il peso dell'arto superiore durante la gran parte delle attività quotidiane, e dai muscoli trapezio ed elevatore della scapola che aiutano la clavicola ed intervengono soprattutto nella posizione eretta).

La scapola si appoggia come il palmo di una mano sulla parete toracica per assicurare stabilità alla radice dell'arto superiore.

L'articolazione virtuale è rappresentata dallo:

- spazio sotto-acromiale.

A questo punto occorre fare una precisazione, infatti alcuni autori europei, considerano lo spazio sotto acromiale come una vera e propria articolazione, ed infatti parlano di “artrosi degenerativa dell'articolazione sottoacromiale” al posto di un concetto corrente negli Stati Uniti dove le alterazioni da usura al di sotto dell'acromion vengono definite “lesioni per sindrome da conflitto sottoacromiale”.

Lo spazio sottoacromiale, è una cavità virtuale, che accoglie la cuffia dei rotatori, ed è delimitata da un “soffitto” detto arco coraco-acromiale, costituito dall'acromion, dal processo coracoideo e dal legamento coraco-acromiale; e dal “pavimento” costituito dalla testa dell'omero.

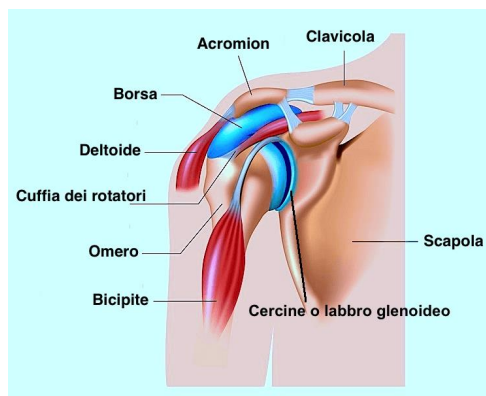


Fig. 5 La figura mostra le strutture presenti nello spazio sotto-acromiale: in blu si può osservare la borsa subacromion-delloidea (che è una borsa di scorrimento). Sotto a questa si può notare la cuffia dei rotatori (in particolare il ventre ed il tendine del muscolo del sopraspinoso). Superiormente alla borsa si può osservare l'acromion ed il muscolo deltoide (in rosso). Anteriormente la borsa c'è la coracoide, ed il legamento coraco-acromiale, che unisce l'acromion alla coracoide, e forma con queste 2 strutture il tetto dello spazio sottoacromiale detto arco coraco-acromiale.

(<http://www.fisioterapiarubiera.com/wp-content/uploads/2012/10/bigstock-Shoulder-bursa-bursitis-Alila.png>)

Oltre alla cuffia dei rotatori lo spazio subacromiale accoglie anche la borsa sottoacromion-delloidea (nella figura evidenziata in blu) e il capo lungo del bicipite.

La spalla è la regione che gode del più ampio e complesso movimento del corpo umano.

Sebbene non sia possibile citare un valore standard di mobilità dell'articolazione gleno-omerale, posti nel totale 180 gradi di elevazione del braccio, l'articolazione gleno-omerale contribuisce per circa 120 gradi,. Il movimento scapolo-toracico è stimato approssimativamente in 60 gradi. L'articolazione gleno-omerale provvede virtualmente per intero alla rotazione. Per consentire tale ampia escursione articolare a livello della giunzione scapolo-omerale, la cavità glenoidea è piccola e poco profonda, al contrario ad esempio dell'acetabolo nell'anca. La sua superficie articolare è poco più di  $\frac{1}{4}$  rispetto al corrispettivo sulla testa omerale, ed il raggio di curvatura è maggiore di quello della testa.

I legamenti dell'articolazione gleno-omerale sono normalmente poco tesi.al contrario di quelli del ginocchio e della maggior parte delle altre articolazioni. La capsula è inoltre lassa in modo da poter contenere 2 teste omerali.

I muscoli che regolano il movimento della spalla sono 18, e li suddividiamo in 4 differenti gruppi:

I muscoli scapolo toracici che sono rappresentati dal:

- Trapezio (superiore-medio-inferiore),
- Elevatore della scapola,
- Grande Romboide,
- Piccolo Romboide,
- Dentato anteriore,
- Piccolo Pettorale,
- Succlavio.

Il gruppo dei muscoli scapolo omerali che sono:

- Deltoide,
- Sottoscapolare,
- Sopraspinoso,
- Sottospinoso,
- Piccolo Rotondo,
- Tricipite Brachiale,
- Coraco Brachiale,
- Bicipite Brachiale.

Tra questi vi è la cuffia dei rotatori, rappresentata da:

- Sottoscapolare,
- Sopraspinoso,

- Sottospinoso, ed il
- Piccolo Rotondo.

Infine il gruppo dei muscoli toraco omerali:

- Grande Pettorale,
- Grande Dorsale,
- Grande Rotondo.

### **Cuffia dei rotatori**

Con il termine cuffia dei rotatori si intende l'insieme dei tendini di quattro muscoli: sottoscapolare, sovraspinato, sottospinato e piccolo rotondo che si inseriscono sulla grande tuberosità dell'omero ed il sottoscapolare che si inserisce sulla piccola tuberosità omerale.

Questi quattro tendini confluiscono insieme e formano una vera e propria "cuffia" che avvolge la testa dell'omero. L'intervallo tra il tendine del muscolo sottoscapolare ed il tendine del m. sovraspinato è chiamato "intervallo dei rotatori". La cuffia si trova in uno spazio ristretto fra un "soffitto" detto arco coraco-acromiale, costituito dall'acromion, dal processo coracoideo e dal legamento coraco-acromiale; e dal "pavimento" costituito dalla testa dell'omero. Questo spazio è occupato dalla cuffia dei rotatori e dalla borsa sotto-acromio-deltoidea, la cui funzione è quella di diminuire l'attrito fra la cuffia stessa e il "soffitto".

I muscoli che costituiscono la cuffia dei rotatori, intervengono nei movimenti di extra - intra rotazione ed elevazione del braccio e la loro contrazione simultanea determina una centratura dinamica della testa dell'omero nella cavità glenoidea.

La funzione della cuffia dei rotatori quindi è quella di stabilizzare l'articolazione gleno-omeroale, e di centrazione attiva, in modo da far coincidere il fulcro dove si concentrano e si scaricano le forze durante il ROM al centro della glena.

La glena funziona come complesso di legamenti attivi nella stabilizzazione contro sublussazioni o lussazioni.



Fig. 6: Visione anteriore e posteriore della scapula e dei muscoli che compongono la cuffia dei rotatori: si può osservare il muscolo sottoscapolare nella visione anteriore, inoltre si possono osservare i muscoli soprasspinoso e sottospinoso rispettivamente sopra e sotto la spina scapulae, ben visibili nella visione posteriore.

([http://www.cibo360.it/images/cibo\\_salute/ortopedia/cuffia\\_rotatori.jpg](http://www.cibo360.it/images/cibo_salute/ortopedia/cuffia_rotatori.jpg))

La spalla è un'articolazione che lavora soprattutto in trazione, al contrario del ginocchio e dell'anca che lavorano soprattutto in compressione, e perciò può andare incontro ad un precoce interessamento delle strutture muscolo-tendinee periarticolari.

Distinguiamo quindi muscoli di movimento e muscoli di stabilizzazione; la necessità di questa diversa funzione è facilmente comprensibile se si considera che la scapolo-omeroale è continuamente sottoposta a forze distraenti.

Tutti i muscoli periarticolari possono diventare muscoli di movimento, ma tra questi i principali devono essere considerati il:

- deltoide: movimento di abduzione;
- sottospinoso: movimento di extrarotazione;
- sottoscapolare: movimento di intrarotazione.

I muscoli di stabilizzazione possono essere distinti in continui, complementari e occasionali.

- Stabilizzatore continuo: è il muscolo soprasspinato che deve essere considerato l'unico muscolo capace di realizzare questa azione, in qualsiasi posizione dell'arto superiore.
- Stabilizzatori complementari: sono il sottospinato e il sottoscapolare che compiono la loro azione stabilizzatrice, controllando lo spostamento della testa omerale nella glena, in avanti o indietro, nei movimenti di abduzione e di intra ed extrarotazione. Gli stabilizzatori complementari possono sostituirsi al muscolo soprasspinato nei casi di ampia lacerazione della cuffia dei rotatori. In questo caso i pazienti, pur perdendo la capacità di

abduzione l'arto da 30° a 90°, conservano la possibilità di mantenere l'arto abdotto, se questo viene condotto passivamente oltre i 90°.

- Stabilizzatori occasionali: sono il deltoide e il capo lungo del bicipite (CLB). Essi divengono importanti in tutte le funzioni compiute con l'arto in abduzione e contro resistenza. In queste situazioni il deltoide, con la sua massa muscolare, realizza il movimento e coadiuva il soprascapoloide nel ruolo di stabilizzatore. Anche il muscolo bicipite, utilizzando il decorso e l'inserzione sovraglenoideale del suo capo lungo, può realizzare una stabilizzazione occasionale. In questi casi il paziente, compiendo una forte contrazione del bicipite, fissa e abbassa la testa omerale nella glena, la qual cosa permette l'abduzione dell'arto in presenza del solo muscolo deltoide ("meccanismo di compenso bicipitale").

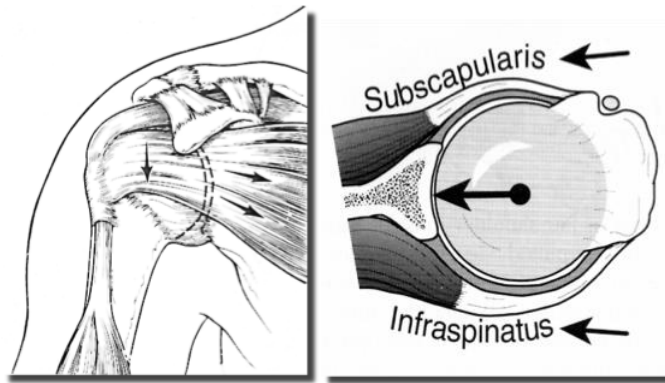


Fig 7: Stabilizzazione della testa omerale con i vettori di forza che agiscono sulla glena.

<http://static1.squarespace.com/static/52b3817ce4b07a518c7f1322/t/53a5ed3fe4b0ca27a38b2a0f/1403383108415/rotator+cuff.png>

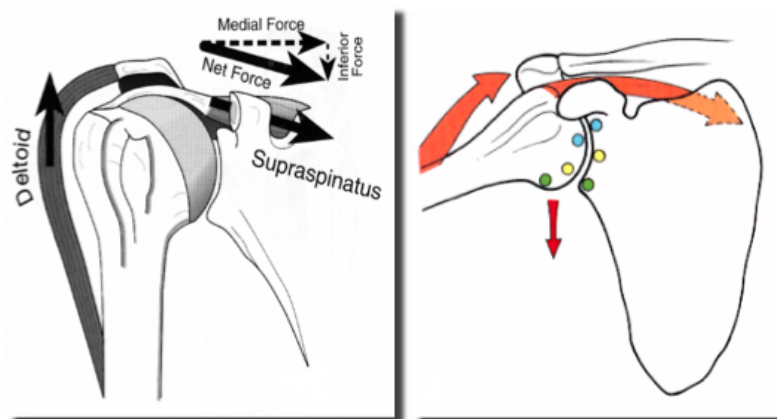


Fig 8: Centrazione attiva della spalla durante i movimenti di adduzione ed abduzione dell'arto superiore. (Chirurgia della spalla di NEER 1992).

Il centro della glenoide è coperto da uno strato relativamente sottile di cartilagine articolare. Più ci si allontana dal centro, più la cartilagine articolare si ispessisce, presentando una maggiore flessibilità. Nella parte più esterna, il labbro glenoideo ed infine la capsula assicurano una flessibilità ancora maggiore. Questa flessibilità graduata permette alla cavità articolare di adattarsi ed aderire perfettamente alla superficie articolare omerale che è liscia, creando un effetto "ventosa" che resiste alle forze distraenti. Questo meccanismo stabilizzatore viene definito ventosa gleno-omerale.

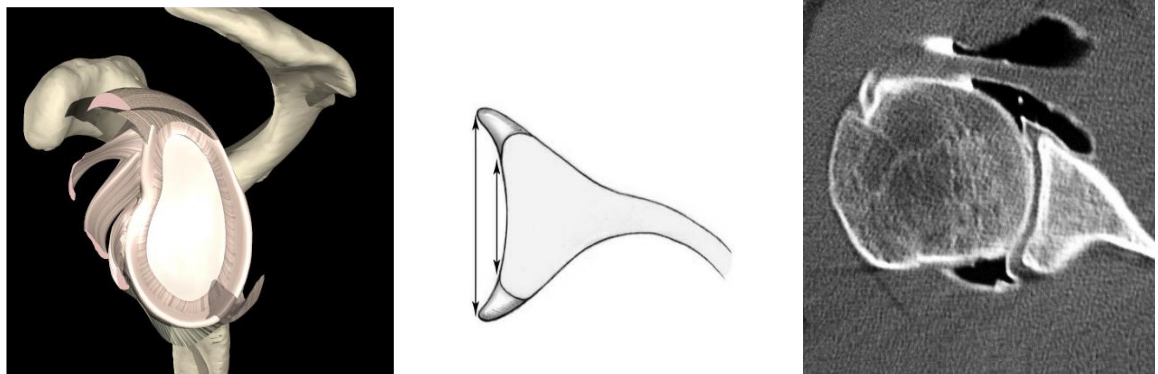


Fig. 9: Nelle immagini sopra si può osservare la "ventosa" gleno-omerale.

<http://www.medisaluser.com/pdf/instabilita.pdf>

### LA PROTESI DI SPALLA INVERSA

Rispetto alle protesi di altre articolazioni come ad esempio l'anca ed il ginocchio, la genesi e lo sviluppo dell'artroprotesi di spalla ha conosciuto tempi molto più lenti. Ne deriva che le protesi di spalla, pur se prodotte fino ad ora in più di 50 esemplari, stentano ad uscire dalle mani di pochi specialisti ed a imporsi nell'uso corrente. Eppure la protesi di spalla ha con se una lunga storia: ricordiamo che la prima protesi prodotta, fu una protesi impiegata nel 1893 dal francese Jules-Émile Péan (Marboué, 1830 – Parigi, 1898) con una indicazione che oggi rifiuteremmo, e cioè in un caso di osteoartrite tubercolare della spalla con distruzione del terzo prossimale dell'omero e della glenoide e con condizioni generali gravemente decadute. Tuttavia pur se così primitiva questa protesi funzionò sembra per 2 o 3 anni e quindi rappresenta veramente il primo impianto di tipo protesico del quale si ha una documentazione. Tuttavia rimane un esemplare unico e le protesi successive di spalla cominciano a comparire ed ad imporsi intorno agli anni 50 ad opera soprattutto dello statunitense Charles S. Neer II (1917-2011) che introdusse con successo una endoprotesi (solo della parte omerale) e non quindi artroprotesi, destinata inizialmente



soprattutto all'uso nelle fratture. Per arrivare poi ad una protesi totale, occorre arrivare al 1969 quando gli inglesi J.T. Scales ed A.W. Lettin pubblicano i primi risultati di una protesi che ricalca lontanamente quella che è una artroprotesi di anca (protesi a carattere contenitivo). La difficoltà di questa protesi consta nel fatto che essendo la glenoide molto piccola, avendo un bone stock non sempre valido, questa protesi può essere facilmente resa instabile.

Nella protesi di spalla così dette anatomiche, assumono infatti un valore determinate per la sua stabilità, le condizioni delle masse muscolari peri-articolari ed il corretto bilanciamento delle forze vettoriali. Ne consegue che nella scelta del modello protesico si deve assolutamente tener conto non solo delle condizioni delle superfici articolari, ma soprattutto delle condizioni anatomiche e funzionali della cuffia dei rotatori che si presenta come una vera e propria glenoide tendinea (dal punto di vista biomeccanico).

Un notevole progresso, da cui è scaturito un grande impulso all'impianto di protesi di spalla, è stato fatto nel 1985 con la comparsa della cosiddetta "Protesi Inversa", ideata e realizzata da Paul Grammont, indicata nelle gravi omoartrosi associate a lesione irreparabile della cuffia dei rotatori. La tecnica operatoria consiste nell'applicazione senza cemento di una componente emisferica in lega, avvitata su uno zoccolo metallico e solidalmente ancorata alla scapola (al centro della glena) per mezzo di un fittone centrale (coadiuvato da 2 viti ai poli), e distalmente, da una coppa imbutiforme in polietilene montata su uno stelo endomidollare metallico a superficie porosa (Origini ed evoluzione dell'ortopedia, dalla traumatologia a delle scienze affini. Giorgio Graziati. - Lima Corporate Orthopaedic Emotion).

In questo studio la via chirurgica scelta per impiantare la protesi è quella deltoideo pettorale.

#### **DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA**

Il paziente è posto sul bordo del tavolo operatorio in posizione definita di sedia a sdraio o posizione dell'astronauta, cioè semi-seduto in anti - Trendelemburg e con la parte superiore del tronco sopraelevata di circa 30 – 40 gradi. Ad evitare che il paziente scivoli le ginocchia sono poste semi-flesse e le gambe parallele al suolo. L'arto superiore dove viene eseguito l'intervento chirurgico viene ricoperto da teli sterili in modo che possa essere liberamente manovrato.

La via di accesso è anteriore, così detta "deltoideo pettorale" prolungata distalmente. Si esegue una incisione a partire dalla superficie cutanea subito sotto la clavicola, si passa quindi sul processo coracoideo, si prolunga caudalmente e si arriva fino distalmente l'inserzione deltoideo pettorale.

La vena cefalica viene individuata e spostata medialmente o lateralmente a seconda dei casi. Se necessario può essere legata senza danni conseguenti (anche se nei pazienti reclutati nello studio, questa eventualità non si è mai verificata).

Si individua la coracoide ed il tendine congiunto, sezionando la fascia clavi-petorale.

Il muscolo deltoide è retratto lateralmente mediante il retrattore di Brown oppure due leve di Honman: una posta distalmente al nervo corconflesso, l'altra posteriormente sotto l'acromion.

La coracoide viene lasciata in situ, si isola il legamento coraco-acromiale, mentre il tendine congiunto viene spostato con un divaricatore proteggendo così il fascio vascolo nervoso.

Repere importante quando presente e non lesionato dalla patologia degenerativa della spalla, è il tendine del capo lungo del bicipite all'uscita della doccia bicipitale.

Adesso si individua medialmente la piccola tuberosità, si seziona l'inserzione del tendine del muscolo sottoscapolare che viene fissato con alcuni punti (per poi essere risuturato).

Si incide quindi la capsula più medialmente facendo attenzione al nervo circonflesso.

Si lussa la testa omerale anteriormente mediante manovre di rotazione esterna dell'arto evitando di esercitare forze eccessive. Così facendo si espone completamente l'epifisi omerale. Si pone l'arto in posizione esterna di 30 – 40 gradi ruotando l'avambraccio flessa sull'omero, ciò consente di sezionare la testa omerale perpendicolarmente al suolo, ottenendo così un corretto orientamento in retroversione. Evidenziata la testa omerale la si regolarizza rimuovendo eventuali osteofiti marginali con scalpello e Luer.

Con lo strumentario dedicato si procede quindi ad individuare il piano di sezione della testa omerale. Con una sega oscillante si procede poi alla sezione della testa omerale che viene infine rimossa. Si pone in sede quindi un tappo metallico a livello Omerale (della testa omerale ormai decapitata), per evitare l'eccessivo sanguinamento proveniente dal canale midollare, che potrebbe inficiare il campo visivo nei successivi passaggi.

Si procede ora alla preparazione della glenoide. Con apposito retrattore, l'omero viene spinto in basso e posteriormente, portandosi così in evidenza la superficie articolare glenoidea. Con l'ausilio dell'elettrocoagulo si tracciano due linee perpendicolari tra loro partendo dai margini della glenoide e si individua il centro della glena. Quindi si pone al centro della glena, in modo assiale, un filo di kirshner trans - osseo che servirà poi da guida per la fresa sagomata usata per cruentare il piano articolare glenoideo e rimuovere eventuali residui di cartilagine dalla glena e "scleretrizzare" la superficie glenoidea portando in superficie la spongiosa ossea rispettando comunque lo strato osseo subcondrale. Se necessario è possibile poi completare l'escavazione con l'ausilio di un cucchiaino. Se presenti si procede anche alla rimozione di eventuali osteofiti

esuberanti a livello dei bordi glenoidei. Si prepara a questo punto la fessura al centro della glena (sempre grazie al filo di kirshner precedentemente impiantato) per fissare la componente glenoidea dell'impianto (glenosfera). Si introduce nella sede preparata, la base dell'impianto glenoideo e lo si fissa con due viti alla glenoide (senza cemento). A questo punto si fissa la glenosfera in modo definitivo. Così facendo la parte glenoidea dell'impianto è fissata in modo definitivo.

Si rimuove ora il retrattore che manteneva in basso l'omero, e lo si prepara per l'impianto protesico. Con trivelle di calibro progressivo si prepara il canale midollare. Ricavato l'incastro per il fittone protesico endomidollare della protesi si ricava con apposite frese la concavità che andrà ad accogliere la componente omerale dell'impianto. Si procede poi all'impianto della componente omerale a press – fit. La protesi viene infine affondata e fissata nella giusta posizione. Si riduce la componente omerale e si controlla l'esatta congruenza con la glenosfera, modulando lo spessore del polietilene che separa la glenosfera dallo stelo omerale. Si ricostruisce il piano muscolare reinserendo il sottoscapolare nella sua sede anatomica. Si applica il drenaggio a suzione e sutura a strati.

## ***SCOPO STUDIO N. 1***

Lo scopo di questo studio è quello di valutare attraverso vari strumenti, il grado ed i tempi di acquisizione dei nuovi schemi motori da parte del Sistema Nervoso Centrale, in considerazione di uno "stravolgimento" anatomico articolare completo.

Il progetto di ricerca è articolato in 2 obiettivi principali: il primo obiettivo analizza i tempi di recupero dell'arco di movimento in caso di protesi che alterano la normale anatomia articolare della spalla con approcci riabilitativi differenti: riabilitazione neuromotoria personalizzata vs riabilitazione con protocollo riabilitativo standard; il secondo filone di ricerca tenta di capire cosa né sa il nostro cervello di una protesi inversa, che stravolge la normale anatomia funzionale e articolare della spalla.

### **Tempi di recupero dell'arco di movimento in caso di protesi inversa di spalla: riabilitazione neuromotoria personalizzata vs riabilitazione con protocollo riabilitativo standard.**

L'ipotesi sperimentale che sta dietro questo obiettivo è che una riabilitazione neuromotoria personalizzata è più adatta ed efficace a far acquisire nuovi schemi motori in pazienti che devono riapprendere "ex novo" uno schema motorio.

Grazie all'aiuto di un nuovo ausilio per la riabilitazione e per la valutazione della spalla sia operata che sana, abbiamo ottenuto dati numerici oggettivabili (e non soggetti all'interpretazione di un operatore) circa il ROM (Range of Motion - arco di movimento), in questi pazienti in vari momenti del percorso riabilitativo: da una valutazione pre-operatoria a varie valutazioni post-operatorie per vedere la progressione nel tempo di questi pazienti. Inoltre sarà successivamente possibile confrontarli con i dati riguardanti l'articolazione controlaterale "sana" senza protesi.

Una volta ottenuti i vari dati circa il ROM nei vari momenti dei due percorsi riabilitativi, sarà possibile verificare se un percorso riabilitativo personalizzato, rispetto ad una riabilitazione con un protocollo standard, darà risultati migliori nel far riacquisire nuovi schemi motori al sistema nervoso centrale.

Il percorso personalizzato prevede l'utilizzo a scopo riabilitativo di un nuovo ausilio appositamente studiato e tarato per seguire tutto l'arco di movimento dell'arto superiore, come un braccio che segue gli snodi articolari principali dell'arto superiore, e ripropone al paziente attraverso uno schermo la traiettoria seguita dall'arto superiore nello spazio, offrendo al paziente un feedback visivo in modo da integrare le afferenze propriocettive somato-sensoriali in arrivo al sistema nervoso centrale, con le informazioni afferenti visive in modo da accelerare l'apprendimento di nuovi schemi motori a livello centrale.

Inoltre questo nuovo ausilio riabilitativo è dotato di una elettromiografia di superficie, che consente di verificare durante il percorso riabilitativo il corretto reclutamento muscolare nei vari

movimenti dell'arco superiore, e correggere in tempo reale eventuali errori di reclutamento muscolare durante l'esecuzione del movimento, senza che questi vengano reiterati nel tempo ed acquisiti dal SNC come schemi motori nuovi (difficilmente correggibili una volta acquisiti, reiterati e consolidati nel tempo a livello centrale), con conseguenze negative sul ROM, così da accelerare i tempi riabilitativi. L'uso dell'elettromiografia con lo scopo di valutare il corretto reclutamento muscolare, offre al paziente un ulteriore feedback propriocettivo che permette di integrare a livello somestesico sensazioni che il paziente avverte andando a reclutare correttamente e nella giusta proporzione i muscoli deputati ad eseguire un determinato movimento. Facendo proprie le sensazioni somatiche percepite durante il corretto reclutamento muscolare si andranno a consolidare dei giusti schemi motori a livello corticale in modo da avere una riabilitazione il più corretta e rispettosa possibile della compliance del paziente.

Questo nuovo approccio riabilitativo cerca di superare il tradizionale concetto di riabilitazione, in modo da accelerare i tempi (con risparmio notevole sui costi connessi al recupero post operatorio), rispettando la compliance del paziente ed offrendo dei feedback somestesici e visivi che potrebbero risultare più adatti al paziente per un recupero funzionale migliore in tali pazienti sottoposti ad intervento di RSA.

## ***MATERIALI E METODI STUDIO N. 1***

In questo nostro studio l'acquisizione di dati numerici circa il ROM vengono effettuati attraverso l'ausilio di una macchina appositamente studiata e tarata per seguire tutto l'arco di movimento scapolo-omerale, e di tutto l'arto superiore, con un braccio che segue gli snodi articolari principali dell'arto superiore, collegandola ad un software che ci permette di ottenere dati numerici oggettivi e confrontabili, non soggetti all'interpretazione di un operatore. I pazienti vengono seguiti nel tempo secondo un "PROTOCOLLO DI VALUTAZIONE MULTIDIMENSIONALE DELL'ARTO SUPERIORE NEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI PROTESI INVERSA." (Irene Aprile et al - Centro SM della Provvidenza), Roma; validato dal Centro Don Gnocchi di Roma, elaborato e modificato da noi appositamente per sfruttare la macchina riabilitativa proposta ed usata per il nostro studio, e nel rispetto del tipo di intervento a cui sono stati sottoposti i pazienti.

Questo è stato possibile grazie al braccio del sistema Multi-Joint System. Il braccio del sistema Multi-Joint System, posizionato in parallelo all'arto del paziente è un vero e proprio braccio antropomorfo, ingegnerizzato prendendo spunto dalla cibernetica. Dotato di quattro gradi di libertà, il braccio meccanico consente al paziente di muoversi liberamente in uno spazio articolare tridimensionale, rilevandone contemporaneamente ogni singolo movimento (Tecnobody – MJS 2013).

Il paziente seguirà sullo schermo del computer le proprie traiettorie predefinite per esplorare movimenti articolari complessi, ma ora il suo movimento lascerà una traccia che valutata e comparata con indici di riferimento, aiuteranno l'operatore a costruire un corretto protocollo riabilitativo personalizzato.

Inoltre è possibile ottenere dati sui muscoli reclutati dal paziente per l'esecuzione del movimento attraverso l'elettromiografia con applicazione di elettrodi di superficie. Questo ci consente anche di eseguire correzioni durante il percorso riabilitativo, in modo da correggere in tempo reale eventuali errori di reclutamento muscolare durante l'esecuzione del movimento, senza che questi vengano reiterati ed acquisiti dal SNC come schemi motori nuovi (difficilmente correggibili una volta acquisiti), con conseguenze negative sul ROM e la forza così da accelerare i tempi riabilitativi.

Inoltre questa macchina per la riabilitazione e valutazione della spalla è motorizzata in modo da permettere al paziente di simulare un movimento fuori carico, in un certo qual modo "sostenendo" l'arto (simulando il movimento in acqua), o esercitando una resistenza antigrafitazionale maggiore in maniera tale da creare una pressione positiva maggiore della forza di gravità in modo che il paziente attiva ed esercita più energicamente i muscoli anti-gravitari o gravitari in base alle esigenze riabilitative.



Il “Light-Gravity” quindi ci consente di sgravare a livello articolare il peso del braccio. In modalità Light-G il sistema sviluppa una spinta dal basso verso l’alto molto leggera e graduale permettendo al paziente di lavorare anche in fase acuta. Questa metodica riabilitativa è spesso utilizzata anche in acqua dove il paziente riceve una spinta idrostatica data dal suo corpo immerso. Con lo stesso principio il sistema MJS aiuta l’operatore nel regolare con estrema sensibilità e precisione lo sgravio di carico articolare necessario, anche in relazione all’intervento muscolare richiesto.

Questo ci consentirebbe di applicare un tipo di riabilitazione personalizzata superando il concetto di protocollo riabilitativo standard., con eventuali vantaggi dei tempi di recupero (questo ovviamente è uno degli aspetti da verificare con lo studio).

Questo nuovo ausilio riabilitativo permette di ottenere vari dati e di associarli ed incrociarli tra loro come ad esempio:

- le informazioni sui muscoli attivati durante il movimento,
- la forza applicata (eventualmente fuori carico, utile nelle prime fasi riabilitative per far acquisire al paziente sicurezza ed agevolarlo nel movimento contro gravità),
- il grado del ROM.

Questo garantisce sicurezza nel percorso riabilitativo e limita, rispettando la biologia soggettiva, errori nella gestione dello stesso che potrebbero compromettere il buon esito dell'atto chirurgico. Allo stesso tempo permette al paziente “compiante” di accelerare il proprio processo riabilitativo, andando probabilmente a superare le aspettative di un approccio standardizzato.

Infine, il riabilitatore può impostare il computer in modo tale da proporre al paziente, attraverso uno schermo, dei movimenti predefiniti in base alla fase post-operatoria, che il paziente deve simulare ed emulare, e suggerisce eventuali correzioni in tempo reale da effettuare nel reclutamento muscolare o aggiustamenti di forza e dell'arco di movimento, fungendo da ausilio per riprogrammare il SNC al nuovo assetto anatomico e neuromuscolare della spalla.

Il paziente in riabilitazione ha a disposizione un feedback utile per una autocorrezione e per superare nel proprio iter riabilitativo i risultati ottenuti nelle sessioni precedenti del programma.

Quindi le caratteristiche di questo ausilio neuro-riabilitativo (“braccio meccanico robotizzato”), sono:

- registrazione del ROM con dati numerici oggettivabili e controllati (utile per monitorizzare il follow-up),
- registrazione (sia quantitativa che qualitativa) in tempo reale dei muscoli reclutati per l'esecuzione di un movimento attraverso l'ausilio di elettrodi di superficie (elettromiografici), per garantire l'acquisizione di un corretto reclutamento muscolare (quindi nuovi schemi motori) nell'esecuzione di un movimento,

- elaborazione e proposta al paziente, attraverso l'ausilio di uno schermo, di un arco di movimento predefinito e stabilito dal neuroriabilitatore in base alla fase riabilitativa post-operatoria, con proposta di feedback correttivi per il paziente ed il neuro-riabilitatore,
- individuazione di errori circa il reclutamento muscolare, e l'arco di movimento, e proposta di una correzione in tempo reale al paziente con esercizi correttivi.

L'impiego dell'elettromiografia di superficie sta avendo una notevole diffusione sia perchè possono fornire utili informazioni quantitative e qualitative sulle condizioni di attività del distretto muscolare esaminato, sia per le caratteristiche di non invasività. Attualmente vari settori, sia clinici che non, stanno utilizzando questa metodica con diversi tipi di applicazioni. Nel nostro studio l'impiego è finalizzato alla valutazione dell'attività muscolare in generale e della forza muscolare.

Nell'EMG di superficie 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). Nel nostro studio, sia per fini riabilitativi che valutativi, è stata usata una registrazione monopolare, 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.

In tutti i pazienti esaminati l'elettrodo è stato posizionato nel ventre muscolare dei vari distretti studiati, ovvero dove si ottiene il segnale d'ampiezza più elevata a parità di livello di contrazione.

Tra i diversi parametri calcolabili, quello impiegato in questo studio è l'ampiezza e soprattutto il voltaggio medio muscolare. Grazie ad un software in dotazione con l'EMG del braccio robotico, è stato possibile ottenere il voltaggio medio del muscolo studiato.

L'ampiezza del segnale ed il voltaggio medio sono utili per la stretta correlazione con la forza sviluppata; inoltre un indice tra i più immediati indicatori di attività muscolare e possono essere impiegati per la stima del numero delle unità motorie attivate e per descrivere le modalità del loro reclutamento.

Alcuni impieghi sono ad esempio: nel Bio-feedback, la valutazione dell'attività mioelettrica in rapporto alla misura della forza esercitata (generalmente in condizioni isometriche), nello studio del movimento, nello studio dei tempi di reazione e del controllo neuromotorio.

Frequenza media e frequenza mediana vengono impiegati principalmente nello studio della fatica muscolare, e non sono stati considerati in questo studio.

**PROTOCOLLO DI VALUTAZIONE MULTIDIMENSIONALE DELL'ARTO SUPERIORE NEI PAZIENTI CON SOGGETTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA (Irene Aprile et al - Centro SM della Provvidenza, Roma - modificato).**

**PROTOCOLLO DI VALUTAZIONE**

Il protocollo prevede una valutazione clinica, una valutazione patient-oriented (mediante un questionario distrettuale e un questionario generico) e una valutazione strumentale mediante l'utilizzo simultaneo del braccio robotico ed dell'EMG di superficie.

**VALUTAZIONE CLINICA**

**SCALA CLINICA**

- British Medical Research Council scale: la scala di seguito riportata sarà utilizzata per la valutazione della forza dei seguenti muscoli: m. trapezio, m. deltoide, m. gran dentato e m. pettorale.

Secondo tale scale si assegna:

Forza=0 assenza di movimento

Forza=1 presenza di contrazione in assenza di movimento

Forza=2 presenza di movimento che non supera la gravità

Forza=3 presenza di movimento che supera la gravità ma che non oppone resistenza

Forza=4 presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore

Forza=4 presenza di movimento che vince la forza dell'esaminatore

**VALUTAZIONE SELF-REPORTED**

- Valutazione patient-oriented:

Questionario distrettuale DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand).

Questionario generico: SF36

**VALUTAZIONE STRUMENTALE con BRACCIO ROBOTICO**

La valutazione strumentale permetterà la valutazione dei movimenti di elevazione anteriore, ab-adduzione ed intra-extrarotazione di spalla con registrazione dei seguenti parametri sempre dell'articolazione della spalla: angolo di elevazione, di ab-adduzione e di intra-extrarotazione. Da questi output, mediante specifici script elaborati nella piattaforma di calcolo Matlab, sarà possibile determinare particolari misure come la velocità angolare e l'accelerazione angolare.

SET UP.

Il paziente viene posizionato sul braccio robotica (MJS, Tecnobody) regolando i seguenti parametri:

**ALTEZZA SEDILE:** il sedile deve essere alzato fino a portare il processo coracoideo della spalla in esame in allineamento con il centro del perno principale di rotazione spalla, ovvero del perno che permette l'inversione del braccio robotico da destra a sinistra e viceversa.

**OFFSET SLITTA:** il sedile deve essere spostato lateralmente fino a portare il processo coracoideo della spalla in esame in allineamento con il centro del perno principale di rotazione spalla, ovvero del perno che permette l'inversione del braccio robotico da destra a sinistra e viceversa.

**PARAMETRI BRACCIO:** posizionando il braccio robotico a 90°, è necessario accorciare o allungare il segmento inferiore del braccio robotico fino a che il gomito del soggetto non venga in contatto con il perno di giunzione meccanico del gomito. In base a tale misura, quindi, si regola la lunghezza del segmento superiore allo stesso valore impostato per quello inferiore.

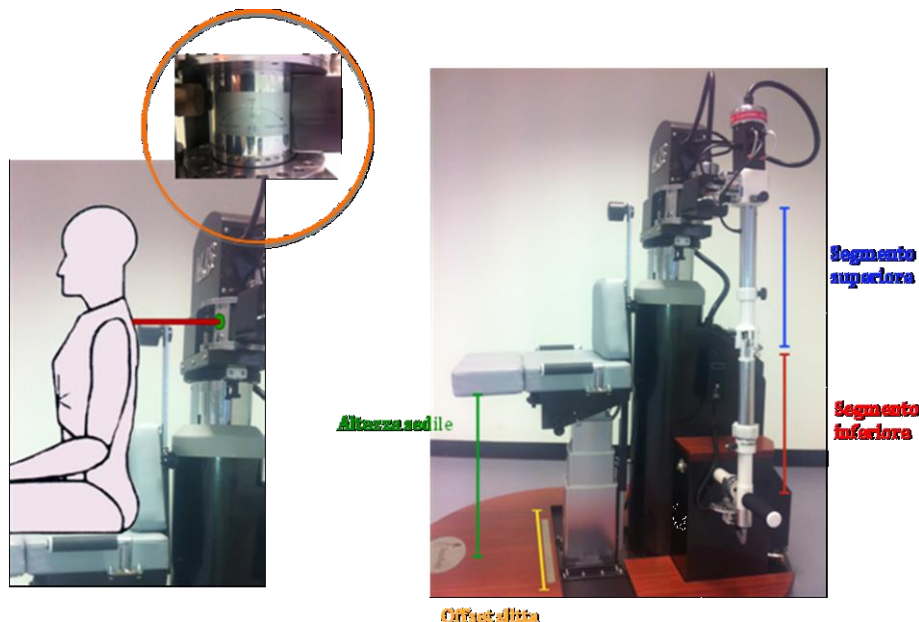


Fig. 10: Multi Joint System (MJS), visione laterale con le specifiche del braccio robotico.

#### **VALUTAZIONE ELEVAZIONE ANTERIORE**

Durata dell'esercizio: 60 secondi.

Posizionare i limitatori a 60° e a 120°.

Flessione anteriore: blocchi e posizionamento braccio.

Settaggio perni:

- perno spalla sbloccato in modo tale che il soggetto abbia il braccio teso davanti a sé, allineato con la spalla;

- perno gomito bloccato in funzione della comodità del soggetto (in genere in flessione verso l'interno);
- perno intra-extra rotazione bloccato in modo tale che la manopola sia in posizione orizzontale;
- perno di flesso estensione sbloccato;
- manopola pressoria sbloccata.

Flessione anteriore: forze.

Regolatore di forza F2 attivo in LIGHT G a 2,5 bar in generale o comunque in funzione del livello della funzionalità dell'arto superiore del soggetto.

### **VALUTAZIONE ABD-ADDUZIONE**

Durata dell'esercizio: 60 secondi.

Posizionare i limitatori a 0° e a 45°.

Abd-adduzione: blocchi e posizionamento braccio.

Settaggio perni:

- perno spalla sbloccato;
- perno gomito bloccato in funzione della comodità del soggetto (in genere non flesso);
- perno intra-extra rotazione bloccato in modo tale che la manopola sia in posizione orizzontale;
- perno di flesso-estensione sbloccato;
- manopola pressoria sbloccata.

Abd-adduzione: forze.

Regolatore di forza F2 attivo in LIGHT G a 2,5 bar in generale o comunque in funzione del livello della funzionalità dell'arto superiore del soggetto.

### **VALUTAZIONE INTRA-EXTRA ROTAZIONE**

Durata dell'esercizio: 60 secondi.

Selezionare il numero delle ripetizioni: 9.

Escursione angolare +90° -90°.

Intra – extra rotazione: blocchi e posizionamento braccio.

Settaggio perni:

- perno spalla bloccato;
- perno gomito bloccato in flessione (circa 90°);
- perno intra-extra rotazione sbloccato;

- perno di flessione estensione bloccato;
- manopola pressoria bloccata;

Utilizzo del sostegno braccio (tutore).

Intra – extra rotazione: forze.

Regolatore di forza F2 attivo in LIGHT-G a 1 bar in generale o comunque in funzione del livello della funzionalità dell'arto superiore del soggetto.

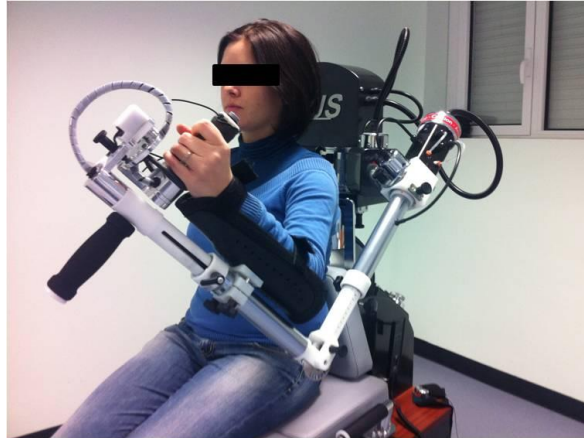


Fig. 11: Esempio di valutazione dell'intra- ed extra-rotazione con la MJS.

### **VALUTAZIONE PROPRIOCETTIVA**

Durata dell'esercizio: 120 secondi.

Pre-valutazione (proprioceettiva libera).

Tracciato B3 (è stato scelto il tracciato più idoneo nel rispetto del tipo di intervento e delle abilità dei soggetti sottoposti a questo tipo di procedura chirurgica).

Blocchi e posizionamento braccio.

Settaggio perni:

- perno spalla sbloccato;
- perno gomito bloccato in funzione della comodità del soggetto (in genere non flessione);
- perno intra-extra rotazione bloccato in modo tale che la manopola sia in posizione orizzontale;
- perno di flessione estensione bloccato; manopola pressoria sbloccata.

### **FORZE**

Regolatore di forza F2 attivo in LIGHT G a 2,5 bar in generale o comunque in funzione del livello della funzionalità dell'arto superiore del soggetto.

## **VALUTAZIONE STRUMENTALE con sEMG**

L'elettromiografia di superficie a 4 canali prevede l'acquisizione del segnale EMG dai seguenti distretti muscolari per l'arto in esame: m. Gran Pettorale, m. deltoide, m. gran dentato, m. pettorale. Utilizzando l'elettromiografia di superficie sincronizzata con i movimenti dell'arto sarà possibile valutare le attivazioni muscolari.

L'impiego dell'elettromiografia di superficie sta avendo una notevole diffusione sia perché possono fornire utili informazioni quantitative e qualitative sulle condizioni di attività del distretto muscolare esaminato, sia per le caratteristiche di non invasività. Attualmente vari settori, sia clinici che non, stanno utilizzando questa metodica con diversi tipi di applicazioni. Nel nostro studio l'impiego è finalizzato alla valutazione dell'attività muscolare in generale e della forza muscolare.

I muscoli che sono stati scelti per essere analizzati sono i muscoli principalmente coinvolti nella performance della spalla con RSA. Infatti in muscolo Gran Pettorale e Gran Dorsale sono 2 muscoli che hanno la funzione di essere depressori della testa dell'omero andando a diastare la testa dell'omero dalla gleno (glenosfera dopo l'impianto di una RSA), mentre i muscoli Deltoide Anteriore e Laterale sono i principali motori dell'articolazione gleno-omeroale. Per alcuni aspetti questi 2 gruppi di muscoli hanno funzioni antagoniste, andando a determinare l'elevazione e il conflitto tra la testa omeroale e la glena, mentre per quanto concerne il Deltoide Anteriore e Laterale, mentre i muscoli Gran Pettorale e Dorsale, adducono l'omero ad tronco diastandolo dalla glena.

## **TIMING**

Le valutazioni cliniche, patient-oriented e strumentali alle quali i soggetti inseriti nello studio saranno sottoposti, saranno eseguite nel lato sano (che servirà da controllo) e nel lato affetto prima e dopo trattamento chirurgico.

Il follow-up dopo intervento, e l'inizio della terapia riabilitativa specifica sarà eseguito a:

- 1 mese
- 3 mesi
- 6 mesi
- 1 anno

Nel post operatorio si considera tempo "0" come l'inizio del percorso riabilitativo, e non la data dell'intervento. Infatti il paziente viene lasciato con tutore in abduzione giorno e notte per 20 giorni, trascorsi i quali il paziente viene inserito in un percorso riabilitativo. Quindi il tempo "0" coincide con il 20esimo giorno dopo l'intervento. Questo periodo con il tutore garantisce un

iniziale processo di cicatrizzazione ed una integrazione delle componenti protesiche per evita eventuali complicanze post-operatorie correlate all'intervento chirurgico (deiscenza della ferita chirurgica, lussazione componenti protesiche articolare...).



I soggetti candidati per lo studio sono stati inseriti in due protocolli di riabilitazione: metà dei pazienti sono stati inseriti in una riabilitazione neuromotoria personalizzata mentre l'altra metà sono stati inseriti in un percorso di riabilitazione con protocollo riabilitativo standard per pazienti operati di artroprotesi di spalla inversa.

Il criterio per inserire i pazienti in un tipo di riabilitazione o nell'altro è stato fatto in modo randomizzato, affidato al caso.

I pazienti inseriti nella "riabilitazione con protocollo riabilitativo standard", hanno seguito il seguente schema riabilitativo (in linea con le principali raccomandazioni raccolte in base alla EBM – medicina basata sull'evidenza, S. Boudreau et al. 2007), guidati da un fisioterapista:

### **PROTOCOLLO RIABILITATIVO DELL'ARTO SUPERIORE NEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI PROTESI DI SPALLA INVERSA**

Responsabile: Dott. Alessandro Beccarini, M.D.

Equipe: Dott. Ft Riccardo Vescovi;

Dott. Francesco Fardetti, M.D.

**Prima fase:** da 1 a 20 giorni: FASE IMMEDIATAMENTE POST-CHIRURGICA-DI PROTEZIONE DELLA PROTESI

OBIETTIVI:

- Cicatrizzazione ferita chirurgica e avanzamento della guarigione del sottoscapolare se reinserito, tutela della protesi.
- Controllo del dolore e dell' infiammazione.
- Ripristino del "range of motion" (ROM) attivo di gomito, polso e mano.
- Mantenimento dell'integrità della protesi.
- Inizio prime attività ADL con modifiche.

TERAPIA FK:

- Tutore in abduzione giorno e notte.
- Esercizio pendolare.
- Mobilizzazione attiva gomito e polso e mano.

- Crioterapia per 20 minuti 3 volte al giorno, per la prima settimana; poi in assenza di ematomi, calore a livello del trapezio.

**Seconda fase:** dai 20 ai 35 giorni.

OBIETTIVI:

- Rispetto del dolore.
- Recupero ROM passivo.
- Inizio recupero ROM attivo assistito.
- Graduale recupero dell'autonomia nelle ADL.
- Inizio recupero della "core stability".

TERAPIA FK:

- Abbandonare tutore.
- Mobilizzazione passiva finalizzata al recupero del "range of motion" (ROM), sul piano scapolare, in abduzione, in intrarotazione ed extrarotazione.
- Rinforzo e mobilizzazione scapolo-toracica.
- Lavorare sulla "core stability".
- Iniziare graduale rinforzo dei muscoli deltoidei (anteriore laterale e posteriore) con braccio in abduzione a 30°, isometrici ed a catena cinetica chiusa.
- Inizio progressivo passaggio a esercizi di mobilizzazione attiva assistita spalla.
- Massaggio facilitatorio.

Durante questa fase tutte le attività della spalla devono essere passive per minimizzare il carico della protesi

**Terza fase:** dai 35 giorni ai 90 giorni. Consiste nella progressione da PROM (passive range of motion) ad AAROM (active assisted range of motion) così come l'inizio di allungamenti muscolari di lieve entità con lo scopo di ripristinare la mobilità della spalla.

OBIETTIVI:

- Recupero completo ROM passivo e attivo.
- Miglioramento coordinazione neuromotoria.
- Autonomia ADL.

#### TERAPIA FK:

- Proseguire ed intensificare rinforzo dei muscoli deltoidei con braccio in abduzione a 30°, a catena cinetica chiusa.
- Attività isometrica del deltoide ed attività dolce periscapolare devono progredire verso attività isotoniche fra la VII e VIII settimana postoperatoria.
- Iniziare recupero del movimento attivo-assistito della spalla su tutti i piani dello spazio, con rinforzo di tutti i muscoli dell'emicingolo scapolare.
- Esercizi propriocettivi (tracciati di diversa difficoltà).
- Continua rinforzo degli stabilizzatori della scapola.
- Utilizzo del calore come decontratturante.
- Massaggio facilitatorio.

**Quarta fase:** oltre i 90 giorni. Scopo della quarta fase è quello di progredire con l'allungamento muscolare, aumentare l'indipendenza funzionale mantenendo dei meccanismi di assenza di dolore) Rimane importante continuare il controllo per impedire la dislocazione.

#### OBIETTIVI:

- Aumento della forza e resistenza dell'arto.
- Utilizzo ottimale dell'arto nelle ADL.

#### TERAPIA FK:

- Esercizi di rinforzo a catena cinetica aperta.
- Esercizi propriocettivi per coordinazione neuromotoria.
- Esercizi contro resistenza elastica.
- Esercizi di allungamento di bassa entità e con un numero elevato di serie per aumentare la resistenza della spalla e minimizzare il rischio di dislocazione.
- Utilizzo del calore come decontratturante.

Dopo i 4 mesi: Esercizi che il paziente può continuare a fare a domicilio. Per "entrare" in questa fase il paziente deve essere in grado di avere un AROM senza dolore ed un programma di allungamento indipendente.

Mentre i pazienti inseriti nella “riabilitazione neuromotoria personalizzata”, hanno seguito le seguenti indicazioni.

**INDICAZIONI PER IL RECUPERO FUNZIONALE DELL'ARTO SUPERIORE NEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI PROTESI DI SPALLA INVERSA, ATTRAVERSO L'AUSILIO DEL BRACCIO ROBOTICO (MJS, Tecnobody)**

**Prima fase:** da 1 a 20 giorni.

OBIETTIVI:

- Cicatrizzazione ferita chirurgica e avanzamento della guarigione del sottoscapolare se reinserito, tutela della protesi.
- Controllo del dolore e dell' infiammazione.
- Ripristino del “range of motion” (ROM) attivo di gomito, polso e mano.
- Inizio prime attività ADL con modifiche.

TERAPIA FK:

- Tutore in abduzione giorno e notte.
- Esercizio pendolare.
- Mobilizzazione attiva gomito e polso e mano.
- Crioterapia per 20 minuti 3 volte al giorno, per la prima settimana; poi in assenza di ematomi, calore a livello del m. trapezio.

**Seconda fase:** dai 20 ai 35 giorni.

OBIETTIVI:

- Rispetto del dolore.
- Recupero ROM passivo.
- Inizio recupero ROM attivo assistito.
- Graduale recupero dell'autonomia nelle ADL.
- Inizio recupero della “core stability”.

TERAPIA FK:

- Abbandonare tutore.

- Mobilizzazione graduale passiva attraverso l'uso del LIGHT G finalizzata al recupero del "range of motion" (ROM), sul piano scapolare (a minimo 2,5 bar), in abduzione (a minimo 2,5 bar), in intrarotazione ed extrarotazione (a 1 – 1,5 bar).
- Rinforzo e mobilizzazione manuale scapolo-toracica.
- Lavorare sulla "core stability".
- Iniziare graduale rinforzo dei muscoli deltoidei (anteriore laterale e posteriore) con l'ausilio del braccio robotico in abduzione a 30°, isometrici ed a catena cinetica chiusa.
- Inizio progressivo passaggio a esercizi di mobilizzazione attiva assistita spalla attraverso la graduale riduzione del LIGHT G (secondo la compliance del paziente, e rispettando il dolore).
- Massaggio facilitatorio.

**Terza fase:** dai 35 giorni ai 90 giorni.

**OBIETTIVI:**

- Recupero completo ROM passivo e attivo.
- Miglioramento coordinazione neuromotoria.
- Autonomia ADL.

**TERAPIA FK:**

- Proseguire ed intensificare rinforzo dei muscoli deltoidei con braccio in abduzione a 30°, a catena cinetica chiusa.
- Iniziare recupero del movimento attivo-assistito della spalla su tutti i piani dello spazio, con rinforzo di tutti i muscoli dell'emicingolo scapolare abbandonando il LIGHT G, ed intensificando la forza contro resistenza nei vari piani dello spazio (elevazione, abduzione sul piano orizzontale ed in intra ed extrarotazione con tracciati di diversa difficoltà atti anche al recupero pieno del ROM attivo).
- Esercizi propriocettivi (tracciati di diversa difficoltà), creati dal riabilitatore con difficoltà e rapidità di esecuzione crescenti.
- Continua rinforzo degli stabilizzatori della scapola.
- Utilizzo del calore come decontratturante.
- Massaggio facilitatorio.

**Quarta fase:** oltre i 90 giorni.

OBIETTIVI:

- Aumento della forza e resistenza.
- Utilizzo ottimale dell'arto nelle ADL.

TERAPIA FK:

- Esercizi di rinforzo a catena cinetica aperta con esercizi contro resistenza in tutti i piani (elevazione, abd-adduzione sul piano orizzontale, intra – extrarotazione).
- Esercizi propriocettivi per coordinazione neuromotoria con tracciati proposti e studiati per il paziente dal riabilitatore seconda la compliance.
- Esercizi contro resistenza elastica.
- Utilizzo del calore come decontratturante.

Nel caso di pazienti seguiti secondo la “riabilitazione neuromotoria personalizzata”, sarebbe più opportuno parlare di “indicazioni”, piuttosto che protocollo, in quanto il percorso riabilitativo segue molto la “compliance” del paziente, e viene modulata e personalizzata secondo i feedback che il riabilitatore professionista riceve dal paziente, andando ad accelerare o rallentare il percorso fisioterapico secondo l’adesione del paziente.

Si è cercato di rispettare i tempi del soggetto riabilitato senza forzare o rallentare il processo riabilitativo (nei limiti della sicurezza del paziente, rispettando comunque l’aggressione chirurgica alla quale il paziente è stato sottoposto).

Nel fare questo si è cercato di superare il concetto di “schema” riabilitativo, andando a focalizzare l’attenzione sul paziente, rispettando i suoi tempi (rallentando il percorso quando il paziente lo richiedeva e magari accelerandolo se il paziente mostrava una buona aderenza agli esercizi proposti).

Anche se dopo una seduta il paziente non raggiungeva l’obbiettivo prefissato dallo “schema” previsto nel percorso standard, e ciò comportava un rallentamento del percorso non avendo raggiunto gli obbiettivi prefissati, per comunque accelerare nei momenti in cui il paziente lo permetteva, si rispettavano le esigenze del paziente.

Grazie alle caratteristiche di non invasività è stata impiegata l'elettromiografia di superficie in questo tipo di riabilitazione, con lo scopo di fornire informazioni utili quantitative e qualitative

sulle condizioni di attività del distretto muscolare esaminato. Attualmente vari settori, sia clinici che non, stanno utilizzando questa metodica con diversi tipi di applicazioni. Nel nostro studio l'impiego è finalizzato alla valutazione dell'attività muscolare in generale, della forza muscolare. Inoltre ai fini riabilitativi è stato un ausilio per il paziente ai fini dello studio del controllo del movimento, dell'analisi prestazionali del distretto esaminato e soprattutto come biofeedback della contrazione muscolare.

### **Questionario SF-36**

Il Questionario SF-36 è uno strumento che valuta lo stato di salute generale del paziente, attraverso 36 domande. Il risultato ricavato dalle risposte è rappresentato da 8 punteggi/scale, ciascuno dei quali rappresenta una quantificazione di un aspetto specifico dello stato di salute:

1. attività fisica
2. limitazione ruolo fisico
3. dolore fisico
4. salute generale
5. vitalità
6. attività sociali
7. limitazioni ruolo emotivo
8. salute mentale

Più alto è il punteggio, migliore è il livello di salute percepita.

### **ANALISI DEI DATI**

Per quanto riguarda l'analisi dei dati, per il momento è stata utilizzata una statistica non parametrica, visto il piccolo campione esaminato fino a questo momento (molti pazienti inseriti nello studio devono ancora completare l'iter valutativo e riabilitativo).

I test utilizzati sono:

- Friedman Test,
- Test di Kruskal-Wallis.

Per il momento sono stati valutati, da un punto di vista statistico, i dati circa il ROM (in elevazione, nella flessione estensione orizzontale, dell'intra- ed extra-rotazione).

L'elevazione risulta il movimento più significativo per la valutazione dell'outcome riabilitativo, in quanto è il movimento che richiede in un maggior impegno funzionale, sia propriocettivo, che muscolare.

Per quanto concerni l'EMGs, il muscolo che è stato considerato per la valutazione statistica è stato il Deltoide Laterale, in quanto è il muscolo maggiormente coinvolto e reclutato nei movimenti articolare dopo l'impianto di una RSA.



## ***RISULTATI STUDIO N. 1***

Di seguito sono riportati tutti i dati sparati riguardanti tutte le valutazioni dei singoli parametri analizzati di tutti i soggetti inseriti nello studio.

### PAZIENTI INSERITI NEL PROTOCOLLO DI RICERCA

Fino ad ora sono stati analizzati i dati ottenuti da 10 pazienti, i quali hanno completato tutte le valutazioni previste dal protocollo, in quanto ancora non tutti i pazienti candidati hanno completato le valutazioni previste dallo studio.

Di questi 10 pazienti 5 sono stati inseriti in un percorso riabilitativo "standard", mentre 5 hanno seguito una riabilitazione neuromotoria personalizzata.

L'età media dei pazienti al momento dell'intervento chirurgico è di 74.8 anni (max. 80; min. 70).

7 pazienti sono di sesso femminile, mentre 3 di sesso maschile.

Di 10 pazienti 8 sono stati sottoposti ad intervento di artroprotesi inversa di spalla al lato destro, mentre 2 al lato sinistro.

Numero pazienti tot.	PAZIENTI	ETA'	SESSO	LATO OPERATO
1	B.S.	71 anni	M	Dx
2	C.L.	80 anni	F	Dx
3	M-L-	75 anni	F	Dx
4	S.C.	78 anni	F	Sn
5	S.B.	72 anni	F	Dx
6	B.F.	70 anni	F	Dx
7	G.A.	75 anni	F	Dx
8	P.M.	71 anni	M	Dx
9	P.M.	76 anni	F	Sn
10	P.G.	80 anni	M	Dx
MEDIA		74.4 anni	7/10 F – 3/10 M	8/10 Dx- 2/10 Sn

Tab. 1: caratteristiche principali dei pazienti. In rosso i valori di età più elevati, in verde il minore.

I pazienti inseriti nella riabilitazione neuromotoria personalizzata presentano una età media di 75.2 anni. 4 pazienti sono di sesso femminile, mentre 1 è di sesso maschile.

Il lato operato è il destro per 4 pazienti, mentre per un paziente è il sinistro.

Numero pazienti inseriti nella riabilitazione neuromotoria	PAZIENTI	ETA'	SESSO	LATO OPERATO
1	B.S.	71 anni	M	Dx
2	C.L.	80 anni	F	Dx
3	M-L-	75 anni	F	Dx
4	S.C.	78 anni	F	Sn
5	S.B.	72 anni	F	Dx
MEDIA		75.2 anni	4/5 F – 1/5 M	4/5 Dx – 1/5 Sn

Tab. 2: caratteristiche principali dei pazienti inseriti nella riabilitazione neuromotoria personalizzata. In rosso i valori di età più elevati, in verde il minore.

I pazienti inseriti nella riabilitazione con protocollo “standard” presentano una età media di 74.4 anni. 3 pazienti sono di sesso femminile, mentre 2 è di sesso maschile.

Il lato operato è il destro per 4 pazienti, mentre per un paziente è il sinistro.

Numero pazienti inseriti nella riabilitazione “standard”	PAZIENTI	ETA'	SESSO	LATO OPERATO
1	B.F.	70 anni	F	Dx
2	G.A.	75 anni	F	Dx
3	P.M.	71 anni	M	Dx
4	P.M.	76 anni	F	Sn
5	P.G.	80 anni	M	Dx
MEDIA		74.4 anni	7/10 F – 3/10 M	8/10 Dx- 2/10 Sn

Tab. 3: caratteristiche principali dei pazienti inseriti nella riabilitazione “standard”. In rosso i valori di età più elevati, in verde il minore.

## **VALUTAZIONE PRE OPERATORIA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA: VALUTAZIONE DEL LATO AFFETTO DA PATOLOGIA ARTICOLARE**

Prima di sottoporre il paziente alla valutazione con il braccio robotico motorizzato, è stato fatto un "training" al fine di far familiarizzare il paziente con il Braccio robotico, in modo da ridurre al minimo eventuali limitazioni dovute ad una non confidenza con l'ausilio valutativo. Questo "training" è durato fino a quando il paziente non ha ben compreso il funzionamento del braccio robotico e le dinamiche della prova valutativa, rispettando i modi ed i tempi di apprendimento di ognuno.

Il periodo di apprendimento è stato fatto eseguire sia sul lato sano che quello affetto, ed è stato fatto ripetere ad ogni valutazione, in modo da far riprendere confidenza con il macchinario. Questo si è reso necessario soprattutto per i pazienti che non hanno seguito il percorso riabilitativo neuromotorio personalizzato, quindi non hanno utilizzato il braccio robotico motorizzato per il percorso riabilitativo. Inoltre il protocollo di valutazione prevede dei tempi abbastanza lunghi tra una valutazione e l'altra (fino a 6 mesi nelle ultime fasi), trascorsi i quali facilmente il paziente si trova a dover ri-familiarizzare con l'ausilio.

In questa fase è stato valutato il R.O.M. (Range Of Movement) in tutti i piani dello spazio ed è stata valutata l'elettromiografia di superficie, in tutti e 10 i pazienti inseriti nello studio.

È stata eseguita:

- una valutazione in elevazione anteposizione in verticale;
- una valutazione in flessione estensione orizzontale;
- una valutazione dell'intra- e dell'extra-rotazione,
- una elettromiografia di superficie (sEMG).

Alcuni pazienti non sono riusciti a completare la prova nella durata prevista per l'esecuzione dell'esercizio per ogni valutazione nei vari piani dello spazio, e quindi la durata è stata accorciata nel rispetto delle necessità e della tolleranza del paziente. I motivi che hanno indotto ad accorciare i tempi previsti dal protocollo valutativo in questa prova pre-operatoria, sono la sensazione dolorosa che l'esecuzione del test suscitava nel paziente, e la stanchezza che non permetteva al paziente di completare il test nella durata prevista. La valutazione che maggiormente ha subito accorciamento nei tempi di esecuzione è stata la valutazione dell'elevazione-anteposizione dell'arto, in quanto risulta essere il movimento più traumatico e faticoso (essendo eseguito contro gravità, anche se con l'ausilio del "Light-G") per questi pazienti. Quindi invece che far eseguire per 60 secondi il test, il tempo di esecuzione è stato ridotto fino a tolleranza.

Inoltre in questa fase valutativa, non è stato fatto eseguire la valutazione della propiocezione, in quanto la maggior parte dei paziente non sono stati in grado di eseguirla. Questo perché i pazienti non sono stati in grado di seguire la traiettoria proposta per l'esecuzione del test, in quanto la pseudoparalisi impediva il movimento scapolo omerale utile ai fini del ROM. Alcuni pazienti arrivavano ad eseguire dei compensi scapolo toracici, e non solo, che risultava inutile proporre tale valutazione in questa fase valutativa. Inoltre altri pazienti sfioravano il tempo massimo previsto per completare l'esercizio. Tale valutazione è stata quindi posticipata alle valutazioni post-operatorie.

### **VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO AFFETTO DA PATOLOGIA ARTICOLARE E PERIARTICOLARE**

Tutti i pazienti candidati per lo studio avevano uniformità di diagnosi, ed erano tutti affetti da pseudoparalisi causata da un danno massivo della cuffia dei rotatori, con forti limitazioni funzionali articolari.

Il loro R.O.M. (Range Of Movement) in elevazione medio (calcolato facendo la media tra i dati ottenuti da tutti i pazienti) è stato calcolato essere di: 55.91 gradi di escursione (il massimo valore registrato tra tutti i pazienti esaminati è stato di 92.9 gradi di escursione, mentre il valore minimo registrato è stato di 15,8 gradi di escursione) degli ipotetici 180 gradi di range di elevazione – anteposizione in una spalla sana.

Tempo \_ Da sec. 0 \_ A sec. 70

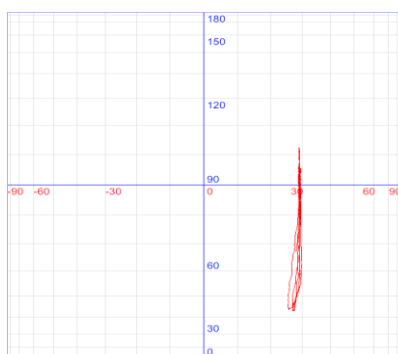


Fig. 12: esempio di una registrazione del movimento di elevazione – anteposizione. Nell'asse delle ordinate i gradi di elevazione; nell'asse delle ascisse i gradi del ROM durante i movimenti di flessione estensione orizzontale (non presi in considerazione in questa specifica valutazione).



Fig. 13: I puntini rossi numerati ed evidenziati in rosso indicano la soglia del dolore del paziente, il quale quando percepiva una sensazione dolorosa è stato inviato a segnalarlo premendo un apposito pulsante presente nel braccio robotico, in modo da avere anche il ROM in base alla soglia del dolore. E' stato osservato che molti pazienti percepiscono dolore nel momento della massima elevazione, quindi si potrebbe ipotizzare che è una delle ragioni per cui non riescono ad elevare ulteriormente l'arto.

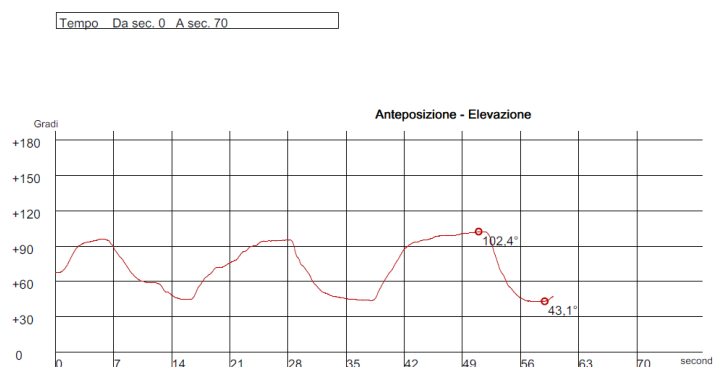


Fig. 14: Esempio di elevazione – anteposizione. Nell'asse delle ordinate i gradi di elevazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

Il valore medio di elevazione massima – in abduzione, che è stato calcolato facendo la media tra le singole registrazioni massime è stato di 97.27 gradi (con massimo valore registrato singolo di 135.1 gradi, mentre il valore minimo, singolo di massima elevazione registrato in un paziente è stato di 64.8 gradi).

Contestualmente il valore medio di elevazione minima - in adduzione che è stato calcolato facendo la media tra le varie singole rilevazioni è stato di 41.36 gradi (con il valore più alto di

minima elevazione registrato in un paziente di 67.9 gradi, mentre il valore più basso in un singolo paziente registrato è stato di 25.3 gradi).

Facendo alcune considerazioni emerge che il valore calcolato medio di massimo ROM è intorno al valore che corrisponde al contributo fornito dal movimento scapolo toracico (che sperimentalmente è stato calcolato approssimativamente essere intorno ai 60 gradi degli ipotetici 180 gradi di ROM totale, i rimanenti 120 gradi sono attribuiti al movimento gleno omerale) per l'esecuzione del ROM completo. Questi pazienti inoltre hanno una componente dolorosa molto importante che influenza negativamente il raggiungimento del potenziale arco di movimento massimo. Alcuni pazienti hanno superato i 60 gradi attribuibili al movimento scapolo toracico (poco relato alla pseudoparalisi), il che si potrebbe associare ad una elevata soglia del dolore, mentre altri pazienti si attestano a valori di ROM ben al di sotto dei 60 gradi (valore minimo registrato è stato di 15,8 gradi). Questo allo stesso modo si potrebbe attribuire ad una soglia del dolore molto bassa, che costringe il paziente a mantenere una postura antalgica articolare che impedisce di oltrepassare pochi gradi di movimento.

Volendo fare inoltre alcune considerazioni sia sul ROM completo che sulla massime e minime singole performance in elevazione, si potrebbe affermare che molto dipende dal grado di "incarcerazione" che ha la testa omerale nel "neo-cotile" venutosi a creare dopo la patologia degenerativa articolare (soprattutto della cuffia dei rotatori), ed in seguito della conseguente risalita dell'omero fino all'acromion, con deformità in quest'ultimo. Questa "incarcerazione" comporta naturalmente delle variabilità soggettive della valutazione del ROM pre – operatorio (oltre al dolore naturalmente), non solo in elevazione ma in tutti i piani dello spazio.

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+135.1°	+42.2°	+92.9°
2	+102.4°	+43.1°	+59.3°
3	+106.3°	+38.7°	+67.7°
4	+122.3°	+67.9°	+54.4°
5	+70.3°	+48.8°	+21.5°
6	+73.7°	+25.3°	+48.4°
7	+64.8°	+49°	+15.8°
8	+74.6°	+30.6°	+44°
9	+126.4°	+25.5°	+100.9°
10	+96.8°	+42.5°	+54.3°
VALORI MEDI	+97.27°	+41.36°	+55.91°

Tab. 4: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori

medi. In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO AFFETTO DA PATOLOGIA ARTICOLARE E PERIARTICOLARE:

Il loro R.O.M. (Range Of Movement) medio facendo eseguire il movimento di flessione estensione orizzontale, calcolato con i dati di tutti i pazienti è stato di: 40.81 gradi di escursione (il massimo valore registrato tra tutti i pazienti esaminati è stato di 97.6 gradi di escursione, mentre il valore minimo registrato è stato di 3 gradi di escursione).

Tempo Da sec. 0 A sec. 40

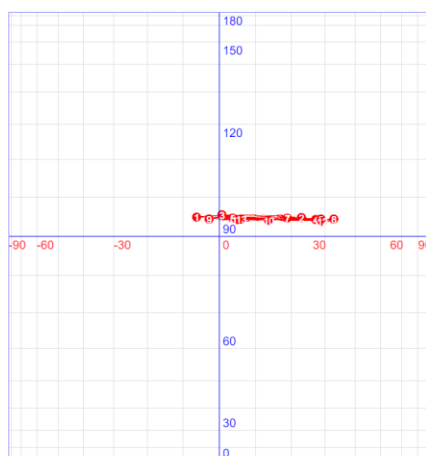


Fig. 15: Esempio di una registrazione del movimento di flessione estensione orizzontale prima dell'intervento di RSA. In questo paziente non è stato possibile completare tutti i 60 secondi previsti per la registrazione, ma si è fermato a 40 sec. a causa del dolore avvertito dal paziente. Infatti come si può notare, i puntini rossi che indicano la percezione soggettiva del dolore sono molto numerosi. Paziente con patologia articolare nel lato destro.

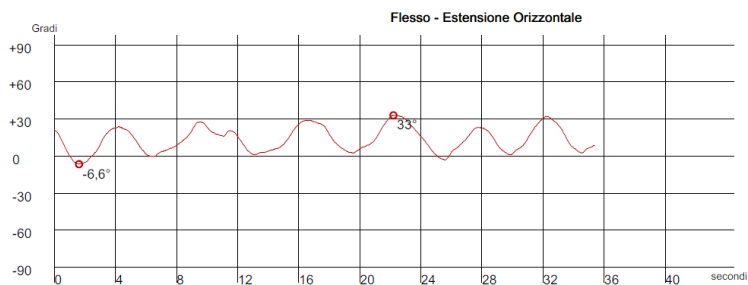




Fig. 16: Esempio di registrazione del movimento di flessione estensione orizzontale. Nell'asse delle ordinate i gradi di flessione estensione orizzontali; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

Il massimo valore di flessione estensione orizzontale in abduzione, calcolato facendo la media tra le singole registrazioni è stato di 36.99 gradi (con massimo valore registrato singolo di 70.2 gradi, mentre il valore minimo singolo di massima abduzione in flessione estensione registrato in un paziente è stato di 20.1 gradi).

Contestualmente il valore medio di massima adduzione nel movimento di flessione estensione orizzontale che è stato calcolato facendo la media tra le varie singole rilevazioni è stato di -3.82 gradi (con il valore di maggiore escursione in adduzione registrato in un singolo paziente di -27.4 gradi, mentre il valore più basso in adduzione nel movimento di flessione estensione orizzontale in un singolo paziente registrato è stato di +32.6 gradi).

Volendo dare una interpretazione dei dati, si potrebbe dire che anche il movimento di flessione estensione orizzontale risente notevolmente ed in modo negativo, della patologia di spalla, andando a contribuire alla limitazione articolare. Anche in questo tipo di movimento, il dolore rappresenta un fattore fortemente limitante (come per l'elevazione), e contribuisce alla limitazione dell'arco di movimento, oltre che il vincolo meccanico che si è venuto a creare con la nuova condizione determinata dalla patologia degenerativa della spalla. Questo assetto morfologico-patologico risente notevolmente dell'incarceramento della testa omerale, nella "neocotile", che si è venuto a creare con la degenerazione articolare e periarticolare.

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+70.2°	-27.4°	97.6°
2	+48.1°	+32.6°	15.5°
3	+35.5°	-15.6°	51.1°
4	+32.9°	+29.9°	3°
5	+33°	-6.6°	39.6°
6	+20.1°	-20.3°	40.4°
7	+22.6°	+11.8°	10.8°
8	+22.3	-0.3°	22.6°
9	+65.2°	-22.3°	87.5°
10	+20.1°	-19.9°	40°
VALORI MEDI	+36.99°	-3.82°	40.81°

Tab. 5: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO AFFETTO DA PATOLOGIA ARTICOLARE E PERIARTICOLARE**

Il R.O.M. (Range Of Movement) medio calcolato nel movimento di intra ed extra-rotazione è di: 51.67 gradi di escursione (il massimo valore registrato tra tutti i pazienti esaminati è stato di 83.5 gradi di escursione, mentre il valore minimo registrato è stato di 10.4 gradi di escursione).

Ventaglio

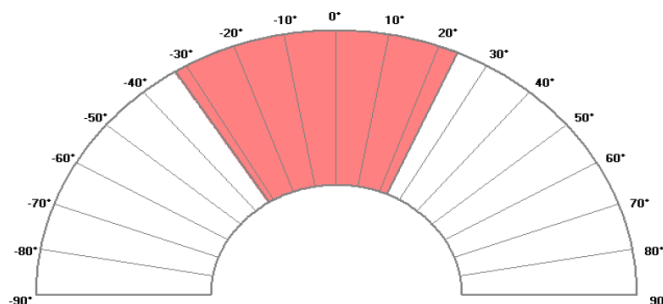


Fig. 17: Esempio di intra ed extrarotazione. La porzione di ventaglio evidenziata in rosa, indica il ROM eseguito dal paziente. I gradi numerati in negativo a partire dallo 0 (nella metà sinistra della figura) indicano l'intrarotazione, mentre i gradi numerati in positivo nella metà destra della figura indicano l'extrarotazione. In questo caso l'arto esaminato è il destro.

Ventaglio

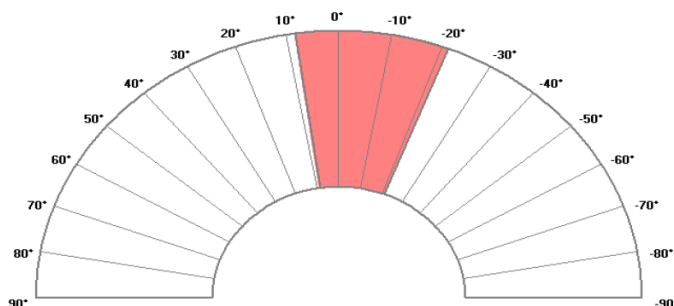


Fig. 18: Altro esempio di ROM in intra ed extrarotazione, in un paziente esaminato nel pre operatorio per l'arto sinistro. In questo caso, all'opposto della fig. precedente il versante con i

numeri negativi è a destro, e rappresenta l'intra-rotazione, mentre il versante con i numeri positivi è a sinistro, e rappresenta l'extra-rotazione.

La media dei valori di massima inclinazione in extra-rotazione, è risultata esser di 14.65 gradi (con valore di massima inclinazione registrato singolo di 32.5 gradi, mentre il valore minimo singolo di massima inclinazione in extra-rotazione registrato in un paziente è stato di 5 gradi).

Contestualmente il valore medio di minima inclinazione (in intra-rotazione) è di -37.02 gradi (con il valore più elevato di escursione in intra-rotazione registrato in un singolo paziente di -66.2 gradi, mentre il valore più basso in intra-rotazione nel movimento di flessione estensione orizzontale in un singolo paziente registrato è stato di -5.2 gradi).

Anche nel movimento di intra ed extra-rotazione questi pazienti hanno una forte limitazione se si confrontano questi dati, ottenuti dalle valutazioni pre-operatorie, rispetto sia al lato sano, che ai dati ottenuti nelle valutazioni post intervento. Quindi il grado di limitazione funzionale coinvolge anche il movimento rotatorio dell'articolazione gleno-omeroale.

La velocità angolare media risulta essere di 12.92 gradi al secondo (con valori che oscillano tra un massimo di 27.8 gradi al secondo, ed un minimo di 3.2 gradi al secondo). In questo contesto, non abbiamo dato molto valore alla velocità di esecuzione del ROM, anche se potrebbe risultare un dato utile se si considera il ruolo del cervelletto nel gestire il movimento post-impianto.

Il numero di obiettivi centrati durante l'esecuzione della prova in media è stato di 5.2 obiettivi centrati su 19, con valori che oscillano da un massimo di 9/19 come migliore performance, fino ad un minimo di 1/19 come peggior performance in un paziente.

PAZIENTI	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	-51°	+32.5°	83.5°	27.8 °/sec.	9/19
2	-66.2°	+5°	71.2°	12.2 °/sec.	7/19
3	-45°	+22.7°	67.7°	9.1 °/sec.	7/19
4	-21.1°	+8.2°	29.4°	8.4 °/sec.	3/19
5	-26°	+13.8°	39.8°	9.3 °/sec.	4/19
6	-32.5°	+23.8°	56.3°	15.9 °/sec.	6/19
7	-5.2°	+5.2°	10.4°	3.2 °/sec.	1/19
8	-27.7°	+10.6°	38.3°	4.1 °/sec.	4/19
9	-46.9°	+16.5°	63.4°	25.5 °/sec.	6/19
10	-48.5°	+8.2°	56.7°	13.7 °/sec.	5/19
VALORE MEDIO	-37.02°	+14.65°	51.67°	12.92 °/sec.	5.2/19

Tab. 6: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di intra ed extra-rotazione, del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### VALUTAZIONE PRE – OPERATORIA STRUMENTALE MEDIANTE L'UTILIZZO SIMULTANEO DEL BRACCIO ROBOTICO ED DELL'EMG DI SUPERFICIE

La scelta dei muscoli da analizzare è stata guidata dalle esigenze funzionali della spalla protesizzata. I muscoli coinvolti nel movimento di una spalla con RSA sono molti, ma dovendo fare una cernita, abbiamo focalizzato la nostra attenzione in 4 muscoli, protagonisti della motricità articolare.

I muscoli analizzati mediante l'EMG di superficie sono 4:

1. Muscolo Gran Pettorale;
2. Muscolo Gran Forsale;
3. Muscolo Deltoide Anteriore;
4. Muscolo Deltoide Laterale.

#### Muscolo Gran Pettorale

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 210.3  $\mu\text{V}$  (min. 22  $\mu\text{V}$  – max. 804  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 214.6  $\mu\text{V}$  (min. 26  $\mu\text{V}$  – max. 818  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 4.3  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 14  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 50.275  $\mu\text{V}$  (min. 9.27  $\mu\text{V}$  – max. 286.07  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	0 $\mu\text{V}$	70 $\mu\text{V}$	70 $\mu\text{V}$	21.01 $\mu\text{V}$
2	4 $\mu\text{V}$	687 $\mu\text{V}$	683 $\mu\text{V}$	20.91 $\mu\text{V}$
3	4 $\mu\text{V}$	26 $\mu\text{V}$	22 $\mu\text{V}$	11.67 $\mu\text{V}$
4	10 $\mu\text{V}$	74 $\mu\text{V}$	64 $\mu\text{V}$	32.17 $\mu\text{V}$
5	1 $\mu\text{V}$	66 $\mu\text{V}$	65 $\mu\text{V}$	26.11 $\mu\text{V}$
6	2 $\mu\text{V}$	82 $\mu\text{V}$	80 $\mu\text{V}$	21.55 $\mu\text{V}$
7	4 $\mu\text{V}$	214 $\mu\text{V}$	210 $\mu\text{V}$	50.27 $\mu\text{V}$
8	0 $\mu\text{V}$	76 $\mu\text{V}$	76 $\mu\text{V}$	23.72 $\mu\text{V}$
9	14 $\mu\text{V}$	818 $\mu\text{V}$	804 $\mu\text{V}$	286.07 $\mu\text{V}$
10	4 $\mu\text{V}$	33 $\mu\text{V}$	29 $\mu\text{V}$	9.27 $\mu\text{V}$
<b>MEDIA</b>	4.3 $\mu\text{V}$	214.6 $\mu\text{V}$	210.3 $\mu\text{V}$	50.275 $\mu\text{V}$

Tab. 7: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi e dell'ampiezza del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

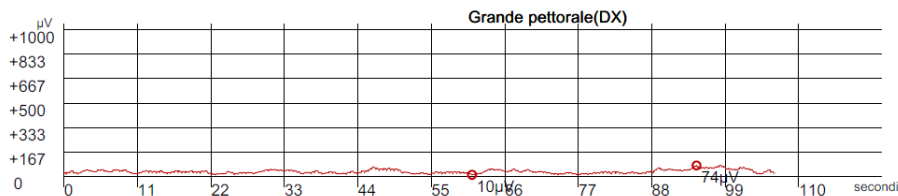


Fig. 19: Esempio di registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Pettorale nella fase pre-operatoria.

Analizzando i dati dell'EMG di superficie, si comprende che il muscolo Gran Pettorale risulta reclutato nel movimento articolare della spalla affetta da pseudoparalisi per lesione massiva della cuffia dei rotatori.

### Muscolo Gran Dorsale

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 127.6 µV (min. 19 µV – max. 684 µV).

Spike medio: 143.4 µV (min. 28 µV – max. 783 µV).

Voltaggio minimo: 15.8 µV (min. 0 µV – max. 99 µV).

Voltaggio medio: 38.89 µV (min. 12.61 µV – max. 186.48 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	0 µV	90 µV	90 µV	27.31 µV
2	9 µV	28 µV	19 µV	12.61 µV
3	8 µV	90 µV	82 µV	20.44 µV
4	13 µV	57 µV	44 µV	24.32 µV
5	1 µV	35 µV	34 µV	15.12 µV
6	1 µV	76 µV	75 µV	22.87 µV
7	15 µV	143 µV	128 µV	38.89 µV
8	1 µV	65 µV	64 µV	20.07 µV
9	11 µV	67 µV	56 µV	20.82 µV
10	99 µV	783 µV	684 µV	186.48 µV
MEDIA	15.8 µV	143.4 µV	127.6 µV	38.89 µV

Tab. 8: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi e dell'ampiezza del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

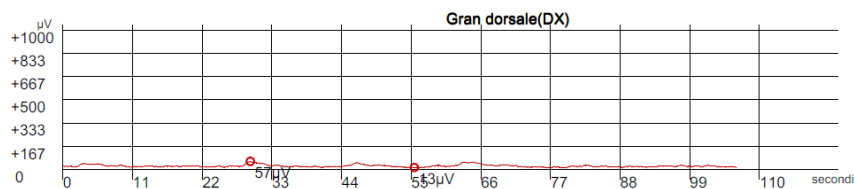


Fig. 20: Esempio di registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Dorsale nella fase pre-operatoria.

Analizzando i dati dell'EMG di superficie, si comprende che anche il muscolo Gran Dorsale risulta poco reclutato nel movimento articolare della spalla affetta da pseudoparalisi per lesione massiva della cuffia dei rotatori.

### Muscolo Deltoide Anteriore

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 343.6 µV (min. 16 µV – max. 957 µV).

Spike medio: 358.1 µV (min. 26 µV – max. 1000 µV).

Voltaggio minimo: 14.5 µV (min. 0 µV – max. 54 µV).

Voltaggio medio: 157.893 µV (min. 15.23 µV – 575.16 µV).

PAZIENTI: DELTOIDE – PORZIONE ANTERIORE	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	0 µV	150 µV	150 µV	33.27 µV
2	12 µV	271 µV	259 µV	57.13 µV
3	43 µV	1000 µV	957 µV	575.16 µV
4	10 µV	26 µV	16 µV	15.23 µV
5	1 µV	80 µV	79 µV	39.14 µV
6	54 µV	910 µV	910 µV	515.69 µV
7	14 µV	358 µV	344 µV	157.89 µV
8	1 µV	365 µV	364 µV	84.68 µV
9	3 µV	347 µV	344 µV	84.75 µV
10	7 µV	74 µV	67 µV	16.02 µV
<b>MEDIA VOLTAGGI</b>	<b>14.5 µV</b>	<b>358.1 µV</b>	<b>343.6 µV</b>	<b>157.893 µV</b>

Tab. 9: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi e dell'ampiezza del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

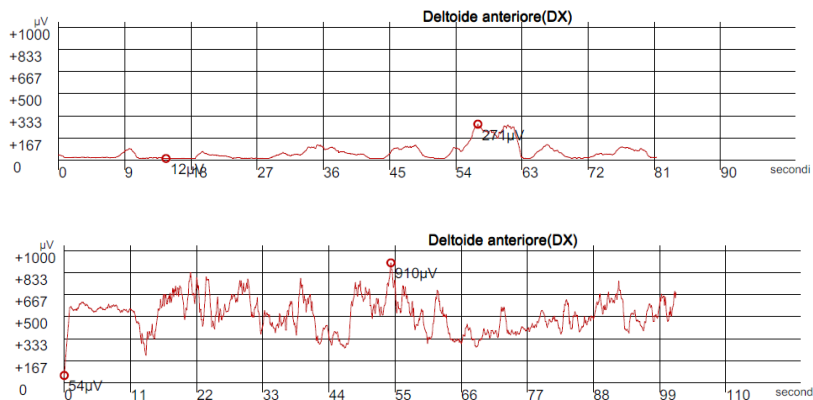


Fig. 21: Esempi di registrazione EMG di superficie del muscolo Deltoide Anteriore nella fase pre-operatoria.

Analizzando i dati dell'EMG di superficie, si comprende che anche il muscolo Deltoide Anteriore risulta relativamente poco reclutato nel movimento articolare della spalla affetta da pseudoparalisi per lesione massiva della cuffia dei rotatori, anche se presenta valori di voltaggio superiori comunque ai 2 muscoli precedentemente analizzati. Infatti l'ampiezza di voltaggio del muscolo Gran Pettorale e del Gran Dorsale è rispettivamente di 210 e 127  $\mu\text{V}$  rispetto a 343  $\mu\text{V}$  del deltoide anteriore. Questo a sottolineare l'importanza del muscolo deltoide nel movimento in caso di assenza della cuffia dei rotatori.

### Muscolo Deltoide Laterale

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 231  $\mu\text{V}$  (min. 23  $\mu\text{V}$  – max. 772  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 240.4  $\mu\text{V}$  (min. 36  $\mu\text{V}$  – max. 784  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 9.4  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 13  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 43.927  $\mu\text{V}$  (min. 14.53  $\mu\text{V}$  – max. 99.20  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI: DELTOIDE – PORZIONE LATERALE	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	0 $\mu\text{V}$	244 $\mu\text{V}$	244 $\mu\text{V}$	46.23 $\mu\text{V}$
2	12 $\mu\text{V}$	784 $\mu\text{V}$	772 $\mu\text{V}$	99.20 $\mu\text{V}$
3	10 $\mu\text{V}$	86 $\mu\text{V}$	76 $\mu\text{V}$	22.36 $\mu\text{V}$
4	13 $\mu\text{V}$	36 $\mu\text{V}$	23 $\mu\text{V}$	21.62 $\mu\text{V}$

5	1 $\mu\text{V}$	125 $\mu\text{V}$	124 $\mu\text{V}$	32.81 $\mu\text{V}$
6	1 $\mu\text{V}$	124 $\mu\text{V}$	123 $\mu\text{V}$	27.54 $\mu\text{V}$
7	9 $\mu\text{V}$	240 $\mu\text{V}$	231 $\mu\text{V}$	43.92 $\mu\text{V}$
8	3 $\mu\text{V}$	401 $\mu\text{V}$	398 $\mu\text{V}$	63.11 $\mu\text{V}$
9	7 $\mu\text{V}$	281 $\mu\text{V}$	274 $\mu\text{V}$	67.95 $\mu\text{V}$
10	11 $\mu\text{V}$	74 $\mu\text{V}$	63 $\mu\text{V}$	14.53 $\mu\text{V}$
<b>MEDIA VOLTAGGI</b>	<b>9.4 <math>\mu\text{V}</math></b>	<b>240.4 <math>\mu\text{V}</math></b>	<b>231 <math>\mu\text{V}</math></b>	<b>43.927 <math>\mu\text{V}</math></b>

Tab. 10: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi e dell'ampiezza del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu i voltaggi medi.

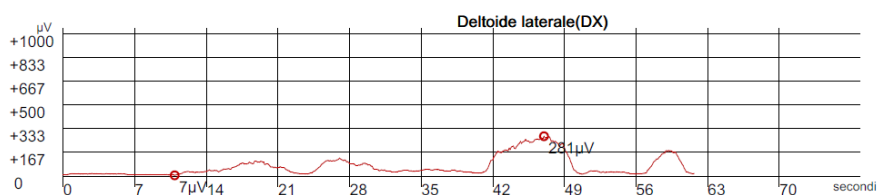


Fig. 22: Esempio di registrazione EMG di superficie del muscolo Deltoide Laterale nella fase pre-operatoria.

Analizzando i dati dell'EMG di superficie, si comprende che anche il muscolo Deltoide Laterale risulta poco reclutato nel movimento articolare della spalla affetta da pseudoparalisi per lesione massiva della cuffia dei rotatori, anche se presenta valori di voltaggio lievemente superiori al muscolo Gran Pettorale e al Gran Dorsale. Questo sottolinea ancora una volta, l'importanza del muscolo deltoide nel movimento in caso di assenza della cuffia dei rotatori.

#### British Medical Research Council scale

7 pazienti su 10, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

- Forza=3: presenza di movimento che supera la gravità ma che non oppone resistenza.

Mentre 3 pazienti hanno un British Medical Research Council scale di:

- Forza=2: presenza di movimento che non supera la gravità.

Questo è in accordo comunque con la diagnosi di pseudoparalisi. Molte volte infatti il paziente non supera la forza di gravità, o comunque non oppone resistenza, non per alterazioni neurologiche centrali o periferiche (trattasi di pseudoparalisi infatti), o per insufficienza muscolare (trofismo muscolare o altra patologia muscolare) ma per limitazioni meccaniche indotte dalla



risalita della testa omerale, che si incarcera appunto nell' spazio sotto-acromiale, o per impedimento indotto del dolore.

### **PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA: VALUTAZIONE DEL LATO AFFETTO DA PATOLOGIA ARTICOLARE**

In questa fase è stato valutato il R.O.M. (Range Of Movement) in tutti i piani dello spazio, è stata valutata l'elettromiografia di superficie e l'abilità propriocettiva in tutti e 10 i pazienti inseriti nello studio.

È stata eseguita:

- una valutazione in elevazione anteposizione in verticale;
- una valutazione in flessione estensione orizzontale;
- una valutazione dell' intra- e dell'extra-rotazione,
- una elettromiografia di superficie (sEMG);
- una valutazione propriocettiva.

Tale valutazione viene eseguita dopo 50 giorni dall'intervento di RSA, cioè dopo 30 giorni dall'inizio della terapia riabilitativa. Dopo l'intervento chirurgico, il paziente viene lasciato con un tutore in abduzione a 30 gradi per 20 giorni. Il paziente indossa il tutore sia nelle ore diurne e notturne allo scopo di impedire qualsiasi movimento, sia attivo che passivo. Lo scopo di tale inattività articolare è quello di attendere che i tessuti periprotetici completino un primo processo di cicatrizzazione ed adattamento alla "nuova" condizione articolare. Dopo tale periodo si inizia il percorso riabilitativo.

### **PRIMA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI PROTESI TOTALE INVERSA DI SPALLA**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 109.86 gradi (max. 126.2 gradi; min. 86.5 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +145.43 gradi (max. +160.7 gradi; min. +123.8 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +35.57 gradi (max. +55.2 gradi; min. +23.7 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+149.6°	+32.8°	116.8°
2	+151.7°	+32.4°	119.3°

3	+151.8°	+30.2°	121.6°
4	+149.9°	+23.7°	126.2°
5	+160.7°	+42.5°	118.2°
6	+141.7°	+55.2°	86.5°
7	+123.8°	+32.6°	91.2°
8	+147.4°	+34.4°	113°
9	+138.6°	+38°	100.6°
10	+139.1°	+33.9°	105.2°
VALORI MEDI	+145.43°	+35.57°	109.86°

Tab. 11: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

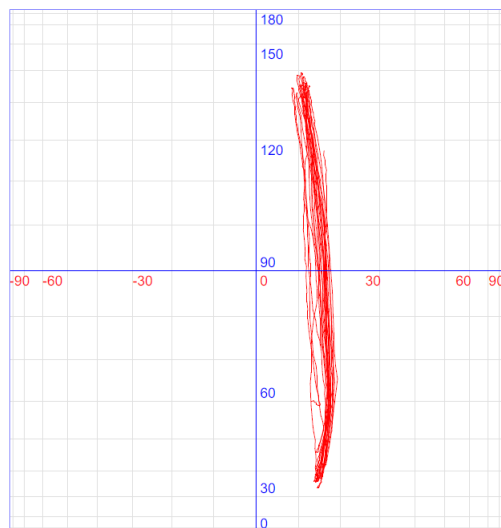


Fig. 23: Esempio di elevazione anteposizione verticale in un paziente dopo 50 giorni dall'intervento di RSA lato destro.

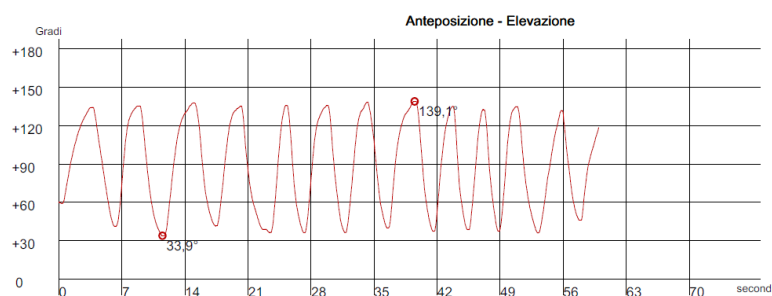


Fig. 24: Esempio di elevazione – anteposizione. Nell’asse delle ordinate i gradi di elevazione; nell’asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**PRIMA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 120.42 gradi (max. 126.2 gradi; min. 116.8 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +152.74 gradi (max. +160.7 gradi; min. +149.6 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +32.32 gradi (max. +42.5 gradi; min. +23.7 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+149.6°	+32.8°	116.8°
2	+151.7°	+32.4°	119.3°
3	+151.8°	+30.2°	121.6°
4	+149.9°	+23.7°	126.2°
5	+160.7°	+42.5°	118.2°
VALORI MEDI	+152.74°	+32.32°	120.42°

Tab. 12: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**PRIMA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 99.3 gradi (max. 113 gradi; min. 86.5 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +138.12 gradi (max. +147.4 gradi; min. +123.8 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +38.82 gradi (max. +55.2 gradi; min. +32.6 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+141.7°	+55.2°	86.5°
2	+123.8°	+32.6°	91.2°
3	+147.4°	+34.4°	113°
4	+138.6°	+38°	100.6°
5	+139.1°	+33.9°	105.2°
VALORI MEDI	+138.12°	+38.82°	99.3°

Tab. 13: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

#### **PRIMA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTO-PROTESI INVERSA DI SPALLA**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 92.1 gradi (max. 115.6 gradi; min. 67.1 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: + 70.14 gradi (max. +85 gradi; min. +48.3 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -21.96 gradi (max. - 31.3 gradi; min. -7.2 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+81.5°	-21.1°	102.6°
2	+75.8°	-30.1°	105.9°
3	+79.6°	-26.2°	105.8°
4	+86.8°	-9.7°	96.5°
5	+63.6°	-31.3°	94.9°
6	+48.3°	-30.3°	78.6°
7	+59.9°	-7.2°	67.1°
8	+85	-30.6°	115.6°

9	+61.9°	-23.3°	85.2°
10	+59°	-9.9°	68.9°
VALORI MEDI	+70.14°	-21.96°	92.1°

Tab. 14: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flesso estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

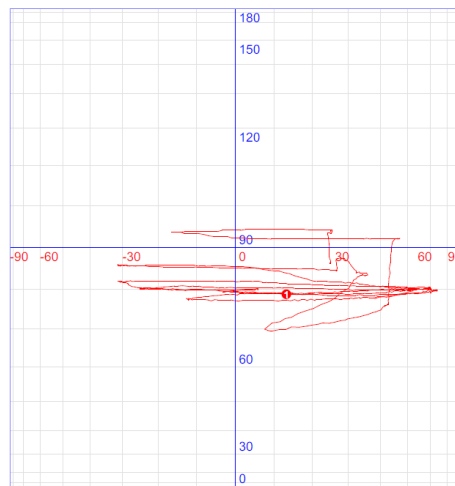


Fig. 25: Esempio di flesso estensione orizzontale in un paziente dopo 50 giorni dall'intervento di RSA lato destro.

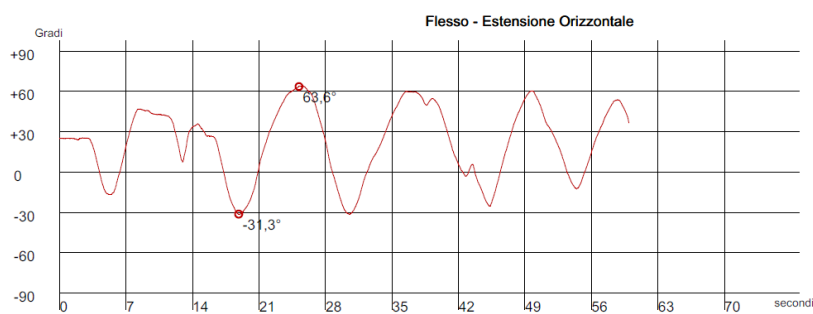


Fig. 26: Esempio di registrazione del movimento di flesso estensione orizzontale. Nell'asse delle ordinate i gradi di flesso estensione orizzontali: in negativo sotto lo "0" i gradi di adduzione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in abduzione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**PRIMA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 101.14 gradi (max. 105.9 gradi; min. 94.9 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: +77.46 gradi (max. +86.8 gradi; min. +63.6 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -23.68 gradi (max. -33.3 gradi; min. -9.7 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+81.5°	-21.1°	102.6°
2	+75.8°	-30.1°	105.9°
3	+79.6°	-26.2°	105.8°
4	+86.8°	-9.7°	96.5°
5	+63.6°	-31.3°	94.9°
VALORI MEDI	+77.46°	-23.68°	101.14°

Tab. 15: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**PRIMA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”:**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 83.08 gradi (max. 115.6 gradi; min. 67.1 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: + 62.82 gradi (max. +85 gradi; min. +48.3 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -20.26 gradi (max. -30.6 gradi; min. -7.2 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
----------	--	--	-------------------------

1	+48.3°	-30.3°	78.6°
2	+59.9°	-7.2°	67.1°
3	+85	-30.6°	115.6°
4	+61.9°	-23.3°	85.2°
5	+59°	-9.9°	68.9°
VALORI MEDI	+62.82°	-20.26°	83.08°

Tab. 16: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 60.41 gradi (max. 78.8 gradi; min. 19 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +17.29 gradi (max. +29.2 gradi; min. +5.8 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -43.12 gradi (max. -61.7 gradi; min. -13.2 gradi).
- Velocità angolare media: 14.71 °/sec. (max. 45.7 °/sec.; min. 7.4°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 6.3/19 (max.10/19; min. 2/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+27.5°	-51.3°	78.8°	12.5 °/sec.	8/19
2	+12.3°	-58.2°	70.5°	45.7 °/sec.	7/19
3	+19.3°	-48.8°	68.1°	12.7 °/sec.	6/19
4	+9.1°	-30°	39.1°	10.0 °/sec.	3/19
5	+29.2°	-44.1°	73.3°	11.9 °/sec.	7/19
6	+15.4°	-42.4°	57.8°	11.7 °/sec.	6/19
7	+28°	-40°	68°	22.2 °/sec.	10/19
8	+15.1°	-61.7°	76.8°	11.2 °/sec.	8/19
9	+11.2°	-41.5°	52.7°	10.6 °/sec.	6/19
10	+5.8°	-13.2°	19°	7.4 °/sec.	2/19
VALORE MEDIO	+17.29°	-43.12°	60.41°	14.71 °/sec.	6.3/19

Tab. 17: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli

obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Ventaglio

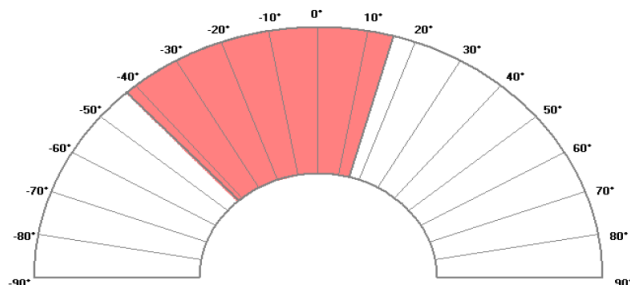


Fig. 27: Esempio di intra ed extrarotazione. La porzione di ventaglio evidenziata in rosa, indica il ROM eseguito dal paziente. I gradi numerati in negativo a partire dallo 0 (nella metà sinistra della figura) indicano l'intrarotazione, mentre i gradi numerati in positivo nella metà destra della figura indicano l'extrarotazione. In questo caso l'arto esaminato è il destro.

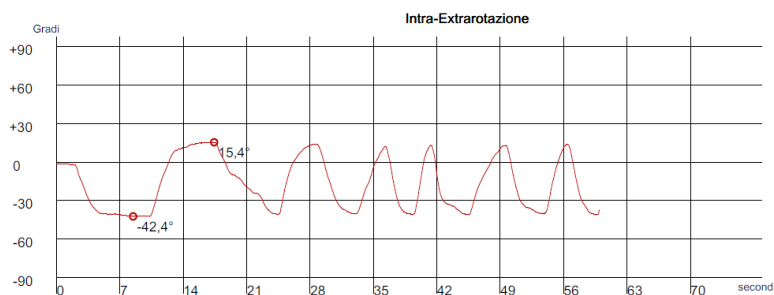


Fig. 28: Esempio di registrazione del movimento intra- ed extra-rotazione. Nell'asse delle ordinate i gradi di intra- ed extra-rotazione: in negativo sotto lo "0" i gradi di intra-rotazione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in extra-rotazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

### PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA"

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 65.96 gradi (max. 78.8 gradi; min. 39.1 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +19.48 gradi (max. +29.2 gradi; min. +9.1 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -46.48 gradi (max. -58.2 gradi; min. -30 gradi).
- Velocità angolare media: 18.56 °/sec. (max. 45.7 °/sec.; min. 10.0°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 6.2/19 (max.8/19; min. 3/19).



PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA- ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+27.5°	-51.3°	78.8°	12.5 °/sec.	8/19
2	+12.3°	-58.2°	70.5°	45.7 °/sec.	7/19
3	+19.3°	-48.8°	68.1°	12.7 °/sec.	6/19
4	+9.1°	-30°	39.1°	10.0 °/sec.	3/19
5	+29.2°	-44.1°	73.3°	11.9 °/sec.	7/19
VALORE MEDIO	+19.48°	-46.48°	65.96°	18.56 °/sec.	6.2/19

Tab. 18: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

#### PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE "STANDARD"

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 54.86 gradi (max. 78.8 gradi; min. 19 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +15.1 gradi (max. +28 gradi; min. +5.8 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -46.48 gradi (max. -76.8 gradi; min. -13.2 gradi).
- Velocità angolare media: 10.86 °/sec. (max. 22.2 °/sec.; min. 7.4°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 6.4/19 (max.10/19; min. 2/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA- ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+15.4°	-42.4°	57.8°	11.7 °/sec.	6/19
2	+28°	-40°	68°	22.2 °/sec.	10/19
3	+15.1°	-61.7°	76.8°	11.2 °/sec.	8/19
4	+11.2°	-41.5°	52.7°	10.6 °/sec.	6/19
5	+5.8°	-13.2°	19°	7.4 °/sec.	2/19
VALORE MEDIO	+15.1°	-39.76°	54.86°	10.86 °/sec.	6.4/19

Tab. 19: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

## PRIMA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA STRUMENTALE MEDIANTE EMG DI SUPERFICIE:

I muscoli analizzati mediante l'EMG di superficie sono 4:

1. Muscolo Gran Pettorale;
2. Muscolo Gran Forsale;
3. Muscolo Deltoide Anteriore;
4. Muscolo Deltoide Laterale.

### Muscolo Gran Pettorale.

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 202  $\mu\text{V}$  (min. 35  $\mu\text{V}$  – max. 716  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 209.2  $\mu\text{V}$  (min. 49  $\mu\text{V}$  – max. 717  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 7.2  $\mu\text{V}$  (min. 5  $\mu\text{V}$  – max. 15  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 47.2  $\mu\text{V}$  (min. 22.55  $\mu\text{V}$  – max. 109.55  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	7 $\mu\text{V}$	411 $\mu\text{V}$	404 $\mu\text{V}$	51.85 $\mu\text{V}$
2	6 $\mu\text{V}$	135 $\mu\text{V}$	129 $\mu\text{V}$	53.16 $\mu\text{V}$
3	5 $\mu\text{V}$	91 $\mu\text{V}$	86 $\mu\text{V}$	34.75 $\mu\text{V}$
4	15 $\mu\text{V}$	128 $\mu\text{V}$	113 $\mu\text{V}$	53.28 $\mu\text{V}$
5	8 $\mu\text{V}$	63 $\mu\text{V}$	55 $\mu\text{V}$	22.55 $\mu\text{V}$
6	14 $\mu\text{V}$	49 $\mu\text{V}$	35 $\mu\text{V}$	27.30 $\mu\text{V}$
7	5 $\mu\text{V}$	60 $\mu\text{V}$	55 $\mu\text{V}$	22.69 $\mu\text{V}$
8	2 $\mu\text{V}$	74 $\mu\text{V}$	72 $\mu\text{V}$	25.72 $\mu\text{V}$
9	1 $\mu\text{V}$	717 $\mu\text{V}$	716 $\mu\text{V}$	71.24 $\mu\text{V}$
10	9 $\mu\text{V}$	365 $\mu\text{V}$	355 $\mu\text{V}$	109.46 $\mu\text{V}$
MEDIA	7.2 $\mu\text{V}$	202 $\mu\text{V}$	202 $\mu\text{V}$	47.2 $\mu\text{V}$

Tab. 20: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

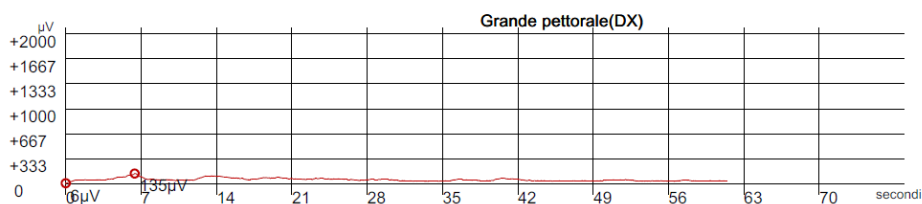


Fig. 29: Esempio di registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Pettorale nella prima valutazione post operatoria.

### MUSCOLO GRAN PETTORALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 157.4  $\mu\text{V}$  (min. 55  $\mu\text{V}$  – max. 404  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 165.6  $\mu\text{V}$  (min. 63  $\mu\text{V}$  – max. 411  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 8.2  $\mu\text{V}$  (min. 5  $\mu\text{V}$  – max. 15  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 43.118  $\mu\text{V}$  (min. 22.55  $\mu\text{V}$  – max. 53.28  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	7 $\mu\text{V}$	411 $\mu\text{V}$	404 $\mu\text{V}$	51.85 $\mu\text{V}$
2	6 $\mu\text{V}$	135 $\mu\text{V}$	129 $\mu\text{V}$	53.16 $\mu\text{V}$
3	5 $\mu\text{V}$	91 $\mu\text{V}$	86 $\mu\text{V}$	34.75 $\mu\text{V}$
4	15 $\mu\text{V}$	128 $\mu\text{V}$	113 $\mu\text{V}$	53.28 $\mu\text{V}$
5	8 $\mu\text{V}$	63 $\mu\text{V}$	55 $\mu\text{V}$	22.55 $\mu\text{V}$
<b>MEDIA</b>	8.2 $\mu\text{V}$	165.6 $\mu\text{V}$	157.4 $\mu\text{V}$	43.118 $\mu\text{V}$

Tab. 21: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### MUSCOLO GRAN PETTORALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 246.6  $\mu\text{V}$  (min. 35  $\mu\text{V}$  – max. 716  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 252.8  $\mu\text{V}$  (min. 49  $\mu\text{V}$  – max. 717  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 6.2  $\mu\text{V}$  (min. 1  $\mu\text{V}$  – max. 14  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 51.282  $\mu\text{V}$  (min. 22.69  $\mu\text{V}$  – max. 109.69  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	14 $\mu\text{V}$	49 $\mu\text{V}$	35 $\mu\text{V}$	27.30 $\mu\text{V}$
2	5 $\mu\text{V}$	60 $\mu\text{V}$	55 $\mu\text{V}$	22.69 $\mu\text{V}$
3	2 $\mu\text{V}$	74 $\mu\text{V}$	72 $\mu\text{V}$	25.72 $\mu\text{V}$
4	1 $\mu\text{V}$	717 $\mu\text{V}$	716 $\mu\text{V}$	71.24 $\mu\text{V}$
5	9 $\mu\text{V}$	365 $\mu\text{V}$	355 $\mu\text{V}$	109.46 $\mu\text{V}$
<b>MEDIA</b>	6.2 $\mu\text{V}$	252.8 $\mu\text{V}$	246.6 $\mu\text{V}$	51.282 $\mu\text{V}$

Tab. 22: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

## MUSCOLO GRAN DORSALE

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 338  $\mu\text{V}$  (min. 15  $\mu\text{V}$  – max. 1026  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 382.2  $\mu\text{V}$  (min. 25  $\mu\text{V}$  – max. 1050  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 44.25  $\mu\text{V}$  (min. 1  $\mu\text{V}$  – max. 358  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 153.247  $\mu\text{V}$  (min. 13.71  $\mu\text{V}$  – max. 621.17  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	358 $\mu\text{V}$	888 $\mu\text{V}$	530 $\mu\text{V}$	621.17 $\mu\text{V}$
2	24 $\mu\text{V}$	1050 $\mu\text{V}$	1026 $\mu\text{V}$	510.54 $\mu\text{V}$
3	10 $\mu\text{V}$	424 $\mu\text{V}$	414 $\mu\text{V}$	79.08 $\mu\text{V}$
4	10 $\mu\text{V}$	340 $\mu\text{V}$	330 $\mu\text{V}$	33.40 $\mu\text{V}$
5	11 $\mu\text{V}$	25 $\mu\text{V}$	14 $\mu\text{V}$	13.71 $\mu\text{V}$
6	4 $\mu\text{V}$	47 $\mu\text{V}$	43 $\mu\text{V}$	23.16 $\mu\text{V}$
7	13 $\mu\text{V}$	106 $\mu\text{V}$	93 $\mu\text{V}$	48.32 $\mu\text{V}$
8	2 $\mu\text{V}$	559 $\mu\text{V}$	557 $\mu\text{V}$	41.25 $\mu\text{V}$
9	1 $\mu\text{V}$	66 $\mu\text{V}$	65 $\mu\text{V}$	23.31 $\mu\text{V}$
10	9 $\mu\text{V}$	317 $\mu\text{V}$	308 $\mu\text{V}$	106.85 $\mu\text{V}$
MEDIA	44.25 $\mu\text{V}$	382.2 $\mu\text{V}$	338 $\mu\text{V}$	153.247 $\mu\text{V}$

Tab. 23: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

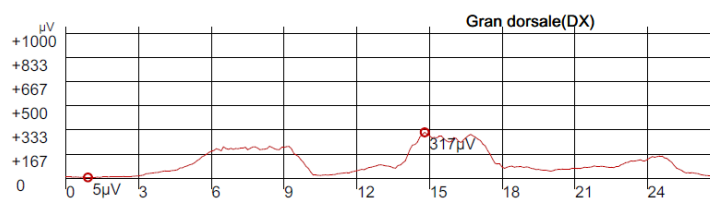


Fig. 30: Particolare di una registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Dorsale nella prima valutazione post operatoria.

## MUSCOLO GRAN DORSALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 462.8  $\mu\text{V}$  (min. 14  $\mu\text{V}$  – max. 1026  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 545.4  $\mu\text{V}$  (min. 25  $\mu\text{V}$  – max. 1050  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 82.6  $\mu\text{V}$  (min. 10  $\mu\text{V}$  – max. 358  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 251.58  $\mu\text{V}$  (min. 13.71  $\mu\text{V}$  – max. 621.17  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	358 $\mu\text{V}$	888 $\mu\text{V}$	530 $\mu\text{V}$	621.17 $\mu\text{V}$
2	24 $\mu\text{V}$	1050 $\mu\text{V}$	1026 $\mu\text{V}$	510.54 $\mu\text{V}$
3	10 $\mu\text{V}$	424 $\mu\text{V}$	414 $\mu\text{V}$	79.08 $\mu\text{V}$
4	10 $\mu\text{V}$	340 $\mu\text{V}$	330 $\mu\text{V}$	33.40 $\mu\text{V}$
5	11 $\mu\text{V}$	25 $\mu\text{V}$	14 $\mu\text{V}$	13.71 $\mu\text{V}$
MEDIA	44.25 $\mu\text{V}$	382.2 $\mu\text{V}$	338 $\mu\text{V}$	251.58 $\mu\text{V}$

Tab. 24: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti sottoposti ad una "riabilitazione con "biofeedback", delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### MUSCOLO GRAN DORSALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE "STANDARD"

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 212.2  $\mu\text{V}$  (min. 43  $\mu\text{V}$  – max. 557  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 219  $\mu\text{V}$  (min. 47  $\mu\text{V}$  – max. 559  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 5.8  $\mu\text{V}$  (min. 1  $\mu\text{V}$  – max. 13  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 54.914  $\mu\text{V}$  (min. 23.16  $\mu\text{V}$  – max. 106.85  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	4 $\mu\text{V}$	47 $\mu\text{V}$	43 $\mu\text{V}$	23.16 $\mu\text{V}$
2	13 $\mu\text{V}$	106 $\mu\text{V}$	93 $\mu\text{V}$	48.32 $\mu\text{V}$
3	2 $\mu\text{V}$	559 $\mu\text{V}$	557 $\mu\text{V}$	41.25 $\mu\text{V}$
4	1 $\mu\text{V}$	66 $\mu\text{V}$	65 $\mu\text{V}$	23.31 $\mu\text{V}$
5	9 $\mu\text{V}$	317 $\mu\text{V}$	308 $\mu\text{V}$	106.85 $\mu\text{V}$
MEDIA	5.8 $\mu\text{V}$	219 $\mu\text{V}$	213.2 $\mu\text{V}$	54.914 $\mu\text{V}$

Tab. 25: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 369.8  $\mu\text{V}$  (min. 84  $\mu\text{V}$  – max. 1033  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 393.7  $\mu\text{V}$  (min. 85  $\mu\text{V}$  – max. 1042  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 23.9  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 24  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 108.806  $\mu\text{V}$  (min. 22.41  $\mu\text{V}$  – max. 328.09  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	9 $\mu\text{V}$	1042 $\mu\text{V}$	1033 $\mu\text{V}$	169.29 $\mu\text{V}$
2	10 $\mu\text{V}$	538 $\mu\text{V}$	528 $\mu\text{V}$	191.50 $\mu\text{V}$
3	1 $\mu\text{V}$	85 $\mu\text{V}$	84 $\mu\text{V}$	22.41 $\mu\text{V}$
4	2 $\mu\text{V}$	159 $\mu\text{V}$	157 $\mu\text{V}$	39.50 $\mu\text{V}$
5	24 $\mu\text{V}$	933 $\mu\text{V}$	909 $\mu\text{V}$	328.09 $\mu\text{V}$
6	3 $\mu\text{V}$	278 $\mu\text{V}$	275 $\mu\text{V}$	65.07 $\mu\text{V}$
7	2 $\mu\text{V}$	352 $\mu\text{V}$	350 $\mu\text{V}$	63.70 $\mu\text{V}$
8	0 $\mu\text{V}$	228 $\mu\text{V}$	228 $\mu\text{V}$	91.03 $\mu\text{V}$
9	0 $\mu\text{V}$	141 $\mu\text{V}$	141 $\mu\text{V}$	56.36 $\mu\text{V}$
10	4 $\mu\text{V}$	164 $\mu\text{V}$	160 $\mu\text{V}$	61.11 $\mu\text{V}$
MEDIA	23.9 $\mu\text{V}$	393.7 $\mu\text{V}$	369.8 $\mu\text{V}$	108.806 $\mu\text{V}$

Tab. 26: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

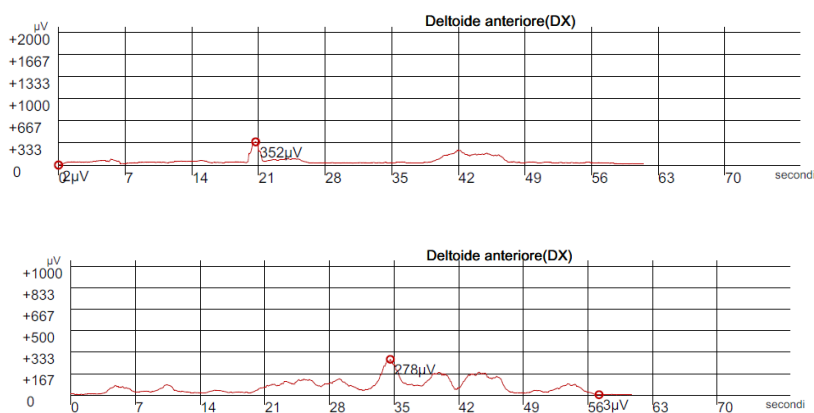


Fig. 31: Esempi di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Anteriore nella prima valutazione post operatoria di due pazienti. Nel primo caso nella registrazione è stato fissato un limite massimo di di 2000  $\mu\text{V}$  (vedi asse delle ordinate), nel secondo caso a 1000  $\mu\text{V}$  (con maggiori dettagli sul tracciato).

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 505.4  $\mu\text{V}$  (min. 84  $\mu\text{V}$  – max. 1033  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 551.4  $\mu\text{V}$  (min. 85  $\mu\text{V}$  – max. 1042  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 46  $\mu\text{V}$  (min. 1  $\mu\text{V}$  – max. 24  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 150.158  $\mu\text{V}$  (min. 22.41  $\mu\text{V}$  – max. 328.09  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	9 $\mu\text{V}$	1042 $\mu\text{V}$	1033 $\mu\text{V}$	169.29 $\mu\text{V}$
2	10 $\mu\text{V}$	538 $\mu\text{V}$	528 $\mu\text{V}$	191.50 $\mu\text{V}$
3	1 $\mu\text{V}$	85 $\mu\text{V}$	84 $\mu\text{V}$	22.41 $\mu\text{V}$
4	2 $\mu\text{V}$	159 $\mu\text{V}$	157 $\mu\text{V}$	39.50 $\mu\text{V}$
5	24 $\mu\text{V}$	933 $\mu\text{V}$	909 $\mu\text{V}$	328.09 $\mu\text{V}$
MEDIA	46 $\mu\text{V}$	551.4 $\mu\text{V}$	505.4 $\mu\text{V}$	150.158 $\mu\text{V}$

Tab. 27: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### **MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”**

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 234.2  $\mu\text{V}$  (min. 141  $\mu\text{V}$  – max. 350  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 236  $\mu\text{V}$  (min. 141  $\mu\text{V}$  – max. 352  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 1.8  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 4  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 67.454  $\mu\text{V}$  (min. 56.36  $\mu\text{V}$  – max. 91.03  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	3 $\mu\text{V}$	278 $\mu\text{V}$	275 $\mu\text{V}$	65.07 $\mu\text{V}$
2	2 $\mu\text{V}$	352 $\mu\text{V}$	350 $\mu\text{V}$	63.70 $\mu\text{V}$
3	0 $\mu\text{V}$	228 $\mu\text{V}$	228 $\mu\text{V}$	91.03 $\mu\text{V}$
4	0 $\mu\text{V}$	141 $\mu\text{V}$	141 $\mu\text{V}$	56.36 $\mu\text{V}$
5	4 $\mu\text{V}$	164 $\mu\text{V}$	160 $\mu\text{V}$	61.11 $\mu\text{V}$
MEDIA	1.8 $\mu\text{V}$	236 $\mu\text{V}$	234.2 $\mu\text{V}$	67.454 $\mu\text{V}$

Tab. 28: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti sottoposti ad una “riabilitazione con “biofeedback”, delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

## MUSCOLO DELTOIDE LATERALE

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 528.86  $\mu\text{V}$  (min. 175  $\mu\text{V}$  – max. 1074  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 533  $\mu\text{V}$  (min. 177  $\mu\text{V}$  – max. 1075  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 4.7  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 12  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 125.672  $\mu\text{V}$  (min. 44.77  $\mu\text{V}$  – max. 252.86  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	3 $\mu\text{V}$	589 $\mu\text{V}$	589 $\mu\text{V}$	88.30 $\mu\text{V}$
2	5 $\mu\text{V}$	787 $\mu\text{V}$	782 $\mu\text{V}$	252.86 $\mu\text{V}$
3	0 $\mu\text{V}$	765 $\mu\text{V}$	765 $\mu\text{V}$	149.58 $\mu\text{V}$
4	2 $\mu\text{V}$	177 $\mu\text{V}$	175 $\mu\text{V}$	44.77 $\mu\text{V}$
5	12 $\mu\text{V}$	610 $\mu\text{V}$	598 $\mu\text{V}$	222.02 $\mu\text{V}$
6	10 $\mu\text{V}$	554 $\mu\text{V}$	544 $\mu\text{V}$	118.29 $\mu\text{V}$
7	3 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	287 $\mu\text{V}$	80.17 $\mu\text{V}$
8	1 $\mu\text{V}$	193 $\mu\text{V}$	192 $\mu\text{V}$	72.37 $\mu\text{V}$
9	1 $\mu\text{V}$	1075 $\mu\text{V}$	1074 $\mu\text{V}$	168.49 $\mu\text{V}$
10	10 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	280 $\mu\text{V}$	59.87 $\mu\text{V}$
MEDIA	4.7 $\mu\text{V}$	533 $\mu\text{V}$	528.3 $\mu\text{V}$	125.672 $\mu\text{V}$

Tab. 29: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

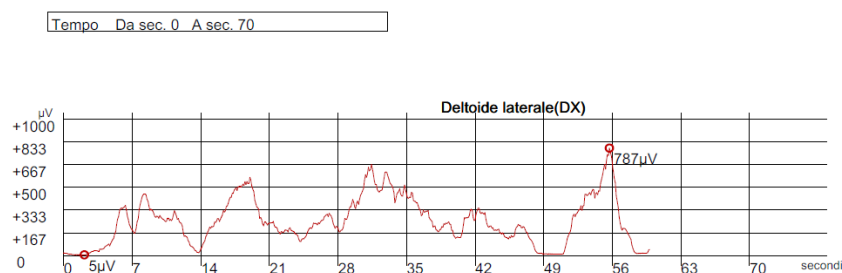


Fig. 32: Esempio di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Laterale nella prima valutazione post operatoria di due pazienti.

## MUSCOLO DELTOIDE LATERALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA"

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 581.2  $\mu\text{V}$  (min. 175  $\mu\text{V}$  – max. 787  $\mu\text{V}$ ).



Spike medio: 858.6  $\mu\text{V}$  (min. 177  $\mu\text{V}$  – max. 787  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 4.4  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 12  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 151.506  $\mu\text{V}$  (min. 44.77  $\mu\text{V}$  – max. 252.86  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	3 $\mu\text{V}$	589 $\mu\text{V}$	589 $\mu\text{V}$	88.30 $\mu\text{V}$
2	5 $\mu\text{V}$	787 $\mu\text{V}$	782 $\mu\text{V}$	252.86 $\mu\text{V}$
3	0 $\mu\text{V}$	765 $\mu\text{V}$	765 $\mu\text{V}$	149.58 $\mu\text{V}$
4	2 $\mu\text{V}$	177 $\mu\text{V}$	175 $\mu\text{V}$	44.77 $\mu\text{V}$
5	12 $\mu\text{V}$	610 $\mu\text{V}$	598 $\mu\text{V}$	222.02 $\mu\text{V}$
MEDIA	4.4 $\mu\text{V}$	585.6 $\mu\text{V}$	581.2 $\mu\text{V}$	151.506 $\mu\text{V}$

Tab. 30: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### **MUSCOLO DELTOIDE LATERALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”**

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 475.4  $\mu\text{V}$  (min. 192  $\mu\text{V}$  – max. 1074  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 480.4  $\mu\text{V}$  (min. 193  $\mu\text{V}$  – max. 1075  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 5  $\mu\text{V}$  (min. 1  $\mu\text{V}$  – max. 10  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 99.838  $\mu\text{V}$  (min. 59.87  $\mu\text{V}$  – max. 168.49  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	10 $\mu\text{V}$	554 $\mu\text{V}$	544 $\mu\text{V}$	118.29 $\mu\text{V}$
2	3 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	287 $\mu\text{V}$	80.17 $\mu\text{V}$
3	1 $\mu\text{V}$	193 $\mu\text{V}$	192 $\mu\text{V}$	72.37 $\mu\text{V}$
4	1 $\mu\text{V}$	1075 $\mu\text{V}$	1074 $\mu\text{V}$	168.49 $\mu\text{V}$
5	10 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	280 $\mu\text{V}$	59.87 $\mu\text{V}$
MEDIA	5 $\mu\text{V}$	480.4 $\mu\text{V}$	475.4 $\mu\text{V}$	99.838 $\mu\text{V}$

Tab. 31: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione “standard”, delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### **BRITISH MEDICAL RESEARCH COUNCIL SCALE NELLA PRIMA VALUTAZIONE POST - OPERATORIA**

7 pazienti su 10, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

Mentre 3 pazienti hanno un British Medical Research Council scale di:

- Forza=3: presenza di movimento che supera la gravità ma che non oppone resistenza.

**British Medical Research Council scale nella prima valutazione post – operatoria in pazienti sottoposti ad una riabilitazione con “biofeedback”:**

4 pazienti su 5, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

Mentre 1 paziente ha un British Medical Research Council scale di:

- Forza=3: presenza di movimento che supera la gravità ma che non oppone resistenza.

**British Medical Research Council scale nella prima valutazione post – operatoria in pazienti sottoposti ad un tipo di riabilitazione con “standard”:**

3 pazienti su 5, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

Mentre 2 pazienti hanno un British Medical Research Council scale di:

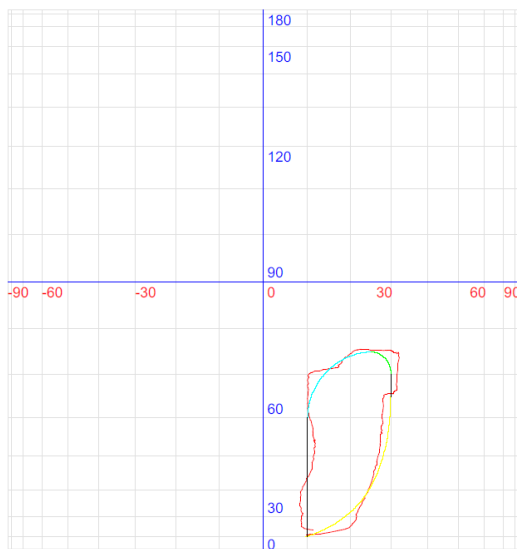
- Forza=3: presenza di movimento che supera la gravità ma che non oppone resistenza.

**PRIMA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA' PROPIOCETTIVA:**

Valutazione propioceettiva: 1.615°.

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.57°
2	1.61°
3	1.62°
4	1.5°
5	1.69°
6	1.62°
7	1.79°
8	1.7°
9	1.69°
10	1.66°
MEDIA	1.615°

Tab. 32: In tabella i risultati dell'abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media. Interpretazione dei risultati: maggiore è il valore, peggiore è la performance del paziente nell'eseguire la prova e viceversa.



Indice stabilità: 1,61°  
Punti di dolore:

Fig. 33: Esempio di valutazione propriocettiva: la prova consiste nel far seguire al paziente attraverso il braccio robotico motorizzato, la traiettoria proposta sullo schermo: maggiormente si discosta dalla traiettoria proposta, peggiore è la performance e di conseguenza maggiore sarà il risultato numerico.

**PRIMA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA' PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA":**

Valutazione propriocettiva: 1.6°.

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.57°
2	1.61°
3	1.62°
4	1.5°
5	1.69°
<b>MEDIA</b>	<b>1.6°</b>

Tab. 33: In tabella i risultati dell'abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

**PRIMA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA' PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE "STANDARD":**

Valutazione propiocettiva: 1.692°.

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.62°
2	1.79°
3	1.7°
4	1.69°
5	1.66°
MEDIA	1.692°

Tab. 34: In tabella i risultati dell'abilità propiocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

**SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA**

In questa fase è stato valutato il R.O.M. (Range Of Movement) in tutti i piani dello spazio, è stata valutata l'elettromiografia di superficie e l'abilità propiocettiva in tutti e 10 i pazienti inseriti nello studio.

È stata eseguita:

- una valutazione in elevazione anteposizione in verticale;
- una valutazione in flessione estensione orizzontale;
- una valutazione dell'intra- e dell'extra-rotazione,
- una elettromiografia di superficie (sEMG);
- una valutazione propiocettiva.

Tale valutazione viene eseguita dopo 3 mesi e 20 giorni dall'intervento di RSA, cioè dopo 3 mesi dall'inizio del percorso riabilitativo, in quanto dopo l'intervento chirurgico, il paziente viene lasciato con un tutore in abduzione a 30 gradi per 20 giorni senza fare alcun movimento sia attivo che passivo, eccezion fatta per i movimenti pendolari che sono concessi.

**SECONDA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI PROTESI TOTALE INVERSA DI SPALLA:**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 119.95 gradi (max. 134.2 gradi; min. 104 gradi).

- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +149.62 gradi (max. +157 gradi; min. +138.8 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +29.67 gradi (max. +34.8 gradi; min. +22.8 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+156.9°	+28.4°	128.5°
2	+157°	+22.8°	134.2°
3	+156.4°	+28.8°	127.6°
4	+148.5°	+26.8°	121.7°
5	+146.8°	+29.2°	117.6°
6	+151°	+34.3°	116.7°
7	+138.8°	+34.8°	104°
8	+146.8°	+29.2°	117.6°
9	+146.3°	+33.8°	112.5°
10	+147.7°	+28.6°	119.1°
VALORI MEDI	+149.62°	+29.67°	119.95°

Tab. 35: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

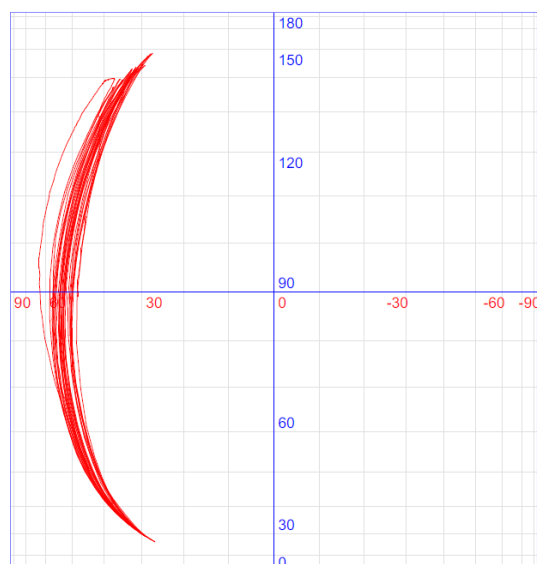


Fig. 34a: Esempio di elevazione anteposizione verticale in un paziente dopo 3 mesi dall'inizio del percorso di recupero dall'intervento di RSA lato sinistro.

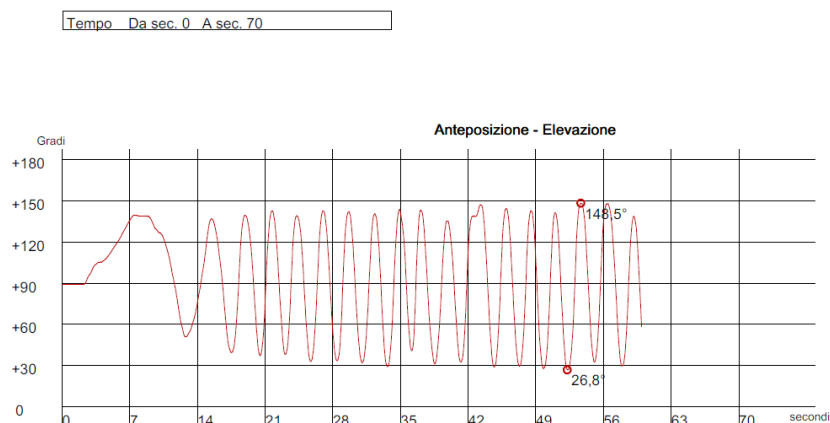


Fig. 34b: Esempio di Flesso – Estensione verticale. Nell’asse delle ordinate i gradi di elevazione; nell’asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**SECONDA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”:**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 125.92 gradi (max. 134.2 gradi; min. 117.6 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +153.12 gradi (max. +157 gradi; min. +146.8 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +27.2 gradi (max. +29.2 gradi; min. +22.8 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+156.9°	+28.4°	128.5°
2	+157°	+22.8°	134.2°
3	+156.4°	+28.8°	127.6°
4	+148.5°	+26.8°	121.7°
5	+146.8°	+29.2°	117.6°
VALORI MEDI	+153.12°	+27.2°	125.12°

Tab. 36: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**SECONDA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 113.98 gradi (max. 119.1 gradi; min. 104 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +146.12 gradi (max. +151 gradi; min. +138.8 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +32.14 gradi (max. +34.8 gradi; min. +28.6 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
6	+151°	+34.3°	116.7°
7	+138.8°	+34.8°	104°
8	+146.8°	+29.2°	117.6°
9	+146.3°	+33.8°	112.5°
10	+147.7°	+28.6°	119.1°
VALORI MEDI	+146.12°	+32.14°	113.98°

Tab. 37: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**SECONDA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTO-PROTESI INVERSA DI SPALLA:**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessio estensione orizzontale: 105.97 gradi (max. 123.5 gradi; min. 81.9 gradi).
- Valore massimo di flessio estensione orizzontale in abduzione medio: +75.79 gradi (max. +89.7 gradi; min. +61.6 gradi).
- Valore di minima flessio estensione orizzontale in adduzione medio: -30.12 gradi (max. -48.5 gradi; min. -9.2 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+81.4°	-37.6	119°
2	+80.8°	-22.9°	103.7°
3	+81.6°	-38.9°	120.5°

4	+89.7°	-9.2°	98.9°
5	+65.9°	-42.6°	108.5°
6	+72.8°	-48.5°	121.3°
7	+61.6°	-26.5°	88.1°
8	+85.5	-38°	123.5°
9	+71.7°	-26.6°	98.3°
10	+66.9°	-15°	81.9°
VALORI MEDI	+75.79°	-30.12°	105.97°

Tab. 38: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flesso estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

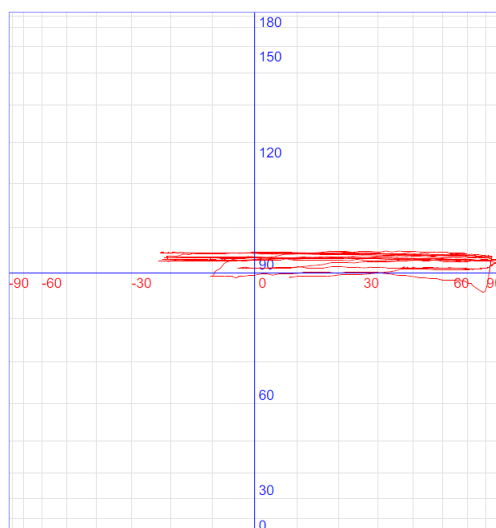


Fig. 35a: Esempio di flesso estensione orizzontale in un paziente dopo 3 mesi e 20 giorni dall'intervento di RSA lato destro.

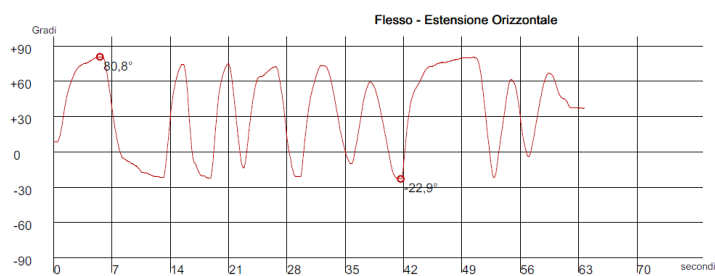


Fig. 35b: Esempio di registrazione del movimento di flesso estensione orizzontale. Nell'asse delle ordinate i gradi di flesso estensione orizzontali: in negativo sotto lo "0" i gradi di adduzione, in



positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in abduzione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**SECONDA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA":**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 109.32 gradi (max. 120.5 gradi; min. 98.9 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: +79.88 gradi (max. +89.88 gradi; min. +65.9 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -29.44 gradi (max. -42.6 gradi; min. -9.2 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+81.4°	-37.6	119°
2	+80.8°	-22.9°	103.7°
3	+81.6°	-38.9°	120.5°
4	+89.7°	-9.2°	98.9°
5	+65.9°	-42.6°	108.5°
VALORI MEDI	+79.88°	-29.44°	109.32°

Tab. 39: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**SECONDA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE "STANDARD":**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 102.62 gradi (max. 123.5 gradi; min. 88.1 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: + 71.7 gradi (max. +85.5 gradi; min. +61.6 gradi).

- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -30.92 gradi (max. -48.5 gradi; min. -15 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+72.8°	-48.5°	121.3°
2	+61.6°	-26.5°	88.1°
3	+85.5	-38°	123.5°
4	+71.7°	-26.6°	98.3°
5	+66.9°	-15°	81.9°
VALORI MEDI	+71.7°	-30.92°	102.62°

Tab. 40: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

## SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 71.65 gradi (max. 91 gradi; min. 37.4 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +27.31 gradi (max. +51.7 gradi; min. +10.8 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -44.34 gradi (max. -60.6 gradi; min. -28.5 gradi).
- Velocità angolare media: 18.97 °/sec. (max. 46.1 °/sec.; min. 8.0°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 7.2/19 (max.10/19; min. 4/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+28.3°	-52.1°	80.4°	15.3 °/sec.	8/19
2	+26.8°	-46.1°	72.9°	20.4 °/sec.	7/19
3	+27.5°	-49.5°	77°	12.1 °/sec.	7/19
4	+10.8°	-36.6°	47.4°	8.0 °/sec.	5/19
5	+51.70°	-49.3°	91°	46.1 °/sec.	10/19
6	+27.1°	-45.9°	73°	16.4 °/sec.	7/19
7	+43.9°	-28.5°	72.4°	20.4 °/sec.	9/19
8	+27.5°	-60.6°	88.1°	23.2 °/sec.	9/19
9	+18°	-45.2°	63.2°	14.1 °/sec.	6/19
10	+11.5°	-29.6°	41.1°	13.7 °/sec.	4/19

VALORE MEDIO	+27.31°	-44.34°	71.65°	18.97 °/sec.	7.2/19
--------------	---------	---------	--------	--------------	--------

Tab. 41: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Ventaglio

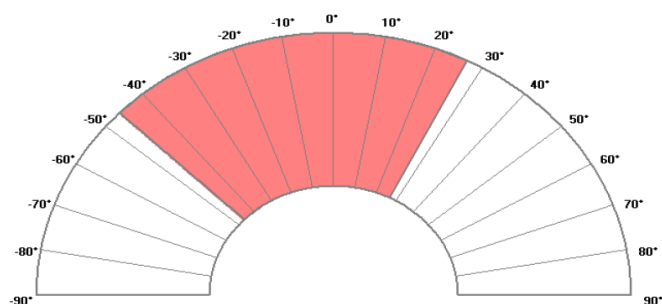


Fig. 36: Esempio di una registrazione dell'intra e dell'extrarotazione. La porzione di ventaglio evidenziata in rosa, indica il ROM eseguito dal paziente. I gradi numerati in negativo a partire dallo 0 (nella metà sinistra della figura) indicano l'intrarotazione, mentre i gradi numerati in positivo nella metà destra della figura indicano l'extrarotazione. In questo caso l'arto esaminato è il destro.

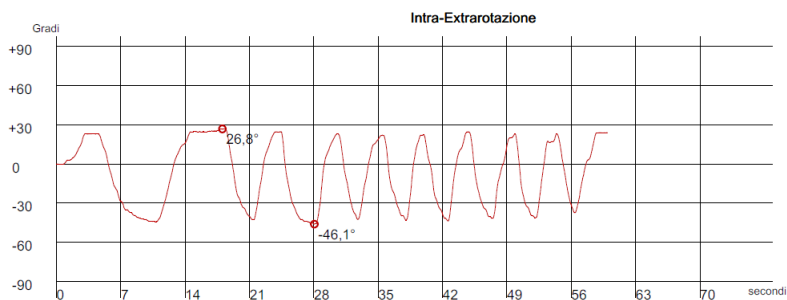


Fig. 37: Esempio di registrazione del movimento intra- ed extra-rotazione. Nell'asse delle ordinate i gradi di intra- ed extra-rotazione: in negativo sotto lo "0" i gradi di intra-rotazione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in extra-rotazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA":**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 75.74 gradi (max. 91 gradi; min. 37.4 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +29.02 gradi (max. +51.7 gradi; min. +10.8 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -46.72 gradi (max. -52.1 gradi; min. -36.6 gradi).
- Velocità angolare media: 20.38 °/sec. (max. 46.1 °/sec.; min. 8.0°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 7.4/19 (max.10/19; min. 5/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+28.3°	-52.1°	80.4°	15.3 °/sec.	8/19
2	+26.8°	-46.1°	72.9°	20.4 °/sec.	7/19
3	+27.5°	-49.5°	77°	12.1 °/sec.	7/19
4	+10.8°	-36.6°	47.4°	8.0 °/sec.	5/19
5	+51.70°	-49.3°	91°	46.1 °/sec.	10/19
VALORE MEDIO	+29.02°	-46.72°	75.74°	20.38 °/sec.	7.4/19

Tab. 42: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE "STANDARD":**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 67.56 gradi (max. 88.1 gradi; min. 41.1 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +25.6 gradi (max. +43.9 gradi; min. +11.5 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -41.96 gradi (max. -60.6 gradi; min. -28.5 gradi).
- Velocità angolare media: 17.56 °/sec. (max. 23.2 °/sec.; min. 13.7 °/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 7/19 (max.9/19; min. 4/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+27.1°	-45.9°	73°	16.4 °/sec.	7/19

2	+43.9°	-28.5°	72.4°	20.4 °/sec.	9/19
3	+27.5°	-60.6°	88.1°	23.2 °/sec.	9/19
4	+18°	-45.2°	63.2°	14.1 °/sec.	6/19
5	+11.5°	-29.6°	41.1°	13.7 °/sec.	4/19
VALORE MEDIO	+25.6°	-41.96°	67.56°	17.56 °/sec.	7/19

Tab. 43: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo “+”) ed intra-rotazione (in negativo “-“), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell’ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### SECONDA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA STRUMENTALE MEDIANTE EMG DI SUPERFICIE:

I muscoli analizzati mediante l’EMG di superficie sono 4:

1. Muscolo Gran Pettorale;
2. Muscolo Gran Forsale;
3. Muscolo Deltoide Anteriore;
4. Muscolo Deltoide Laterale.

#### Muscolo Gran Pettorale.

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 346.2  $\mu\text{V}$  (min. 119  $\mu\text{V}$  – max. 678  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 367.3  $\mu\text{V}$  (min. 154  $\mu\text{V}$  – max. 686  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 21.1  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 75  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 96.786  $\mu\text{V}$  (min. 34.38  $\mu\text{V}$  – max. 292.43  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	0 $\mu\text{V}$	235 $\mu\text{V}$	235 $\mu\text{V}$	34.38 $\mu\text{V}$
2	3 $\mu\text{V}$	369 $\mu\text{V}$	366 $\mu\text{V}$	134.09 $\mu\text{V}$
3	15 $\mu\text{V}$	154 $\mu\text{V}$	139 $\mu\text{V}$	59.16 $\mu\text{V}$
4	75 $\mu\text{V}$	615 $\mu\text{V}$	540 $\mu\text{V}$	292.43 $\mu\text{V}$
5	8 $\mu\text{V}$	686 $\mu\text{V}$	678 $\mu\text{V}$	64.88 $\mu\text{V}$
6	51 $\mu\text{V}$	170 $\mu\text{V}$	119 $\mu\text{V}$	79 $\mu\text{V}$
7	10 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	280 $\mu\text{V}$	98.6 $\mu\text{V}$
8	1 $\mu\text{V}$	360 $\mu\text{V}$	359 $\mu\text{V}$	46.70 $\mu\text{V}$
9	45 $\mu\text{V}$	351 $\mu\text{V}$	306 $\mu\text{V}$	101.3 $\mu\text{V}$
10	3 $\mu\text{V}$	443 $\mu\text{V}$	440 $\mu\text{V}$	41.38 $\mu\text{V}$
MEDIA	21.1 $\mu\text{V}$	367.3 $\mu\text{V}$	346.2 $\mu\text{V}$	96.786 $\mu\text{V}$

Tab. 44: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e

dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

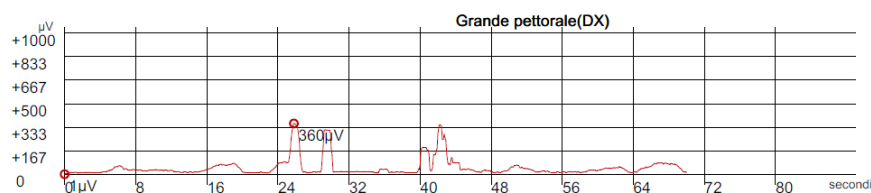


Fig. 38: Esempio di registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Pettorale nella seconda valutazione post operatoria.

### Muscolo Gran Pettorale in pazienti sottoposti ad una “riabilitazione neuromotoria personalizzata”.

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 391.6 µV (min. 139 µV – max. 678 µV).

Spike medio: 411.8 µV (min. 154 µV – max. 686 µV).

Voltaggio minimo: 20.2 µV (min. 0 µV – max. 75 µV).

Voltaggio medio: 120.176 µV (min. 34.38 µV – max. 292.43 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	0 µV	235 µV	235 µV	34.38 µV
2	3 µV	369 µV	366 µV	134.09 µV
3	15 µV	154 µV	139 µV	59.16 µV
4	75 µV	615 µV	540 µV	292.43 µV
5	8 µV	686 µV	678 µV	64.88 µV
<b>MEDIA</b>	<b>20.2 µV</b>	<b>411.8 µV</b>	<b>391.6 µV</b>	<b>120.176 µV</b>

Tab. 45 : In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### MUSCOLO GRAN PETTORALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 300.8 µV (min. 119 µV – max. 440 µV).

Spike medio: 322.8 µV (min. 170 µV – max. 443 µV).

Voltaggio minimo: 22 µV (min. 1 µV – max. 51 µV).

Voltaggio medio: 73.396 µV (min. 41.38 µV – max. 101.3 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
6	51 $\mu\text{V}$	170 $\mu\text{V}$	119 $\mu\text{V}$	79 $\mu\text{V}$
7	10 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	280 $\mu\text{V}$	98.6 $\mu\text{V}$
8	1 $\mu\text{V}$	360 $\mu\text{V}$	359 $\mu\text{V}$	46.70 $\mu\text{V}$
9	45 $\mu\text{V}$	351 $\mu\text{V}$	306 $\mu\text{V}$	101.3 $\mu\text{V}$
10	3 $\mu\text{V}$	443 $\mu\text{V}$	440 $\mu\text{V}$	41.38 $\mu\text{V}$
MEDIA	22 $\mu\text{V}$	322.8 $\mu\text{V}$	300.8 $\mu\text{V}$	73.396 $\mu\text{V}$

Tab. 46: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### MUSCOLO GRAN DORSALE

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 548.9  $\mu\text{V}$  (min. 155  $\mu\text{V}$  – max. 828  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 589.1  $\mu\text{V}$  (min. 222  $\mu\text{V}$  – max. 838  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 40.2  $\mu\text{V}$  (min. 1  $\mu\text{V}$  – max. 78  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 164.717  $\mu\text{V}$  (min. 54.36  $\mu\text{V}$  – max. 570.32  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	1 $\mu\text{V}$	686 $\mu\text{V}$	685 $\mu\text{V}$	77.64 $\mu\text{V}$
2	7 $\mu\text{V}$	821 $\mu\text{V}$	814 $\mu\text{V}$	570.32 $\mu\text{V}$
3	70 $\mu\text{V}$	446 $\mu\text{V}$	376 $\mu\text{V}$	172.15 $\mu\text{V}$
4	13 $\mu\text{V}$	222 $\mu\text{V}$	209 $\mu\text{V}$	54.36 $\mu\text{V}$
5	10 $\mu\text{V}$	838 $\mu\text{V}$	828 $\mu\text{V}$	135.63 $\mu\text{V}$
6	78 $\mu\text{V}$	782 $\mu\text{V}$	704 $\mu\text{V}$	136.8 $\mu\text{V}$
7	77 $\mu\text{V}$	232 $\mu\text{V}$	155 $\mu\text{V}$	98.01 $\mu\text{V}$
8	1 $\mu\text{V}$	815 $\mu\text{V}$	814 $\mu\text{V}$	92.10 $\mu\text{V}$
9	67 $\mu\text{V}$	348 $\mu\text{V}$	281 $\mu\text{V}$	90.5 $\mu\text{V}$
10	78 $\mu\text{V}$	704 $\mu\text{V}$	626 $\mu\text{V}$	220 $\mu\text{V}$
MEDIA	40.2 $\mu\text{V}$	589.1 $\mu\text{V}$	548.9 $\mu\text{V}$	165.717 $\mu\text{V}$

Tab. 47: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

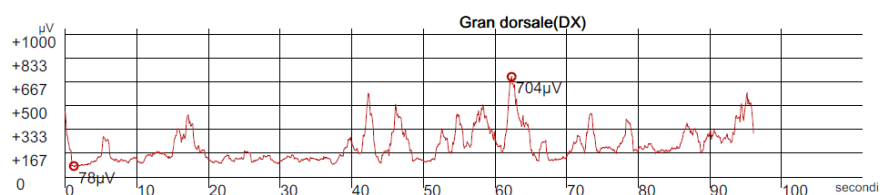


Fig. 39: Esempio di una registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Dorsale nella seconda valutazione post operatoria.

### EMGS DEL MUSCOLO GRAN DORSALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 581.8 µV (min. 209 µV – max. 828 µV).

Spike medio: 602 µV (min. 222 µV – max. 838 µV).

Voltaggio minimo: 20.2 µV (min. 1 µV – max. 70 µV).

Voltaggio medio: 202.02 µV (min. 54.36 µV – max. 570.32 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	1 µV	686 µV	685 µV	77.64 µV
2	7 µV	821 µV	814 µV	570.32 µV
3	70 µV	446 µV	376 µV	172.15 µV
4	13 µV	222 µV	209 µV	54.36 µV
5	10 µV	838 µV	828 µV	135.63 µV
MEDIA	20.2 µV	602 µV	581.8 µV	202.02 µV

Tab. 48: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti sottoposti ad una “riabilitazione con “biofeedback”, delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### Muscolo Gran Dorsale in pazienti sottoposti ad una riabilitazione “standard”.

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 516 µV (min. 155 µV – max. 814 µV).

Spike medio: 576.2 µV (min. 232 µV – max. 815 µV).

Voltaggio minimo: 60.2 µV (min. 1 µV – max. 78 µV).

Voltaggio medio: 127.482 µV (min. 90.10 µV – max. 220 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
----------	------------------	-------------------	--------------------	-----------------



1	78 $\mu\text{V}$	782 $\mu\text{V}$	704 $\mu\text{V}$	136.8 $\mu\text{V}$
2	77 $\mu\text{V}$	232 $\mu\text{V}$	155 $\mu\text{V}$	98.01 $\mu\text{V}$
3	1 $\mu\text{V}$	815 $\mu\text{V}$	814 $\mu\text{V}$	92.10 $\mu\text{V}$
4	67 $\mu\text{V}$	348 $\mu\text{V}$	281 $\mu\text{V}$	90.5 $\mu\text{V}$
5	78 $\mu\text{V}$	704 $\mu\text{V}$	626 $\mu\text{V}$	220 $\mu\text{V}$
MEDIA	20.2 $\mu\text{V}$	576.2 $\mu\text{V}$	516 $\mu\text{V}$	127.482 $\mu\text{V}$

Tab. 49: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 431.6  $\mu\text{V}$  (min. 189  $\mu\text{V}$  – max. 599  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 458.8  $\mu\text{V}$  (min. 197  $\mu\text{V}$  – max. 804  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 27.2  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 205  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 128.225  $\mu\text{V}$  (min. 11.56  $\mu\text{V}$  – max. 320.1  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	1 $\mu\text{V}$	534 $\mu\text{V}$	533 $\mu\text{V}$	107.62 $\mu\text{V}$
2	11 $\mu\text{V}$	527 $\mu\text{V}$	516 $\mu\text{V}$	320.1 $\mu\text{V}$
3	22 $\mu\text{V}$	428 $\mu\text{V}$	406 $\mu\text{V}$	164.79 $\mu\text{V}$
4	0 $\mu\text{V}$	533 $\mu\text{V}$	533 $\mu\text{V}$	136.08 $\mu\text{V}$
5	3 $\mu\text{V}$	346 $\mu\text{V}$	343 $\mu\text{V}$	92.89 $\mu\text{V}$
6	205 $\mu\text{V}$	804 $\mu\text{V}$	599 $\mu\text{V}$	248.31 $\mu\text{V}$
7	15 $\mu\text{V}$	482 $\mu\text{V}$	467 $\mu\text{V}$	88.9 $\mu\text{V}$
8	1 $\mu\text{V}$	420 $\mu\text{V}$	419 $\mu\text{V}$	11.56 $\mu\text{V}$
9	8 $\mu\text{V}$	317 $\mu\text{V}$	309 $\mu\text{V}$	65.3 $\mu\text{V}$
10	8 $\mu\text{V}$	197 $\mu\text{V}$	189 $\mu\text{V}$	46.70 $\mu\text{V}$
MEDIA	27.2 $\mu\text{V}$	458.8 $\mu\text{V}$	431.6 $\mu\text{V}$	128.225 $\mu\text{V}$

Tab. 50: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

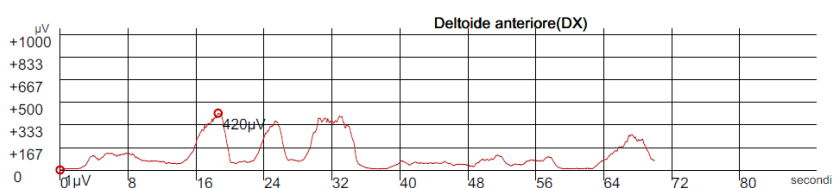


Fig. 40: Esempio di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Anteriore nella seconda valutazione post operatoria.

**Muscolo Deltoide Anteriore in pazienti sottoposti ad una “riabilitazione neuromotoria personalizzata”.**

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 466.6 µV (min. 343 µV – max. 533 µV).

Spike medio: 473.6 µV (min. 346 µV – max. 534 µV).

Voltaggio minimo: 7 µV (min. 0 µV – max. 22 µV).

Voltaggio medio: 164.296 µV (min. 92.89 µV – max. 320.1 µV).

PAZIENTI – MUSCOLO	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
DELTOIDE ANT.				
1	1 µV	534 µV	533 µV	107.62 µV
2	11 µV	527 µV	516 µV	320.1 µV
3	22 µV	428 µV	406 µV	164.79 µV
4	0 µV	533 µV	533 µV	136.08 µV
5	3 µV	346 µV	343 µV	92.89 µV
MEDIA	7 µV	473.6 µV	466.6 µV	164.296 µV

Tab. 51: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

**Muscolo Deltoide Anteriore in pazienti sottoposti ad una riabilitazione “standard”.**

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 396.6 µV (min. 189 µV – max. 599 µV).

Spike medio: 444 µV (min. 197 µV – max. 804 µV).

Voltaggio minimo: 47.4 µV (min. 1 µV – max. 205 µV).

Voltaggio medio: 92.154 µV (min. 11.56 µV – max. 248.31 µV).

PAZIENTI – MUSCOLO	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
DELTOIDE ANT.				

1	205 $\mu\text{V}$	804 $\mu\text{V}$	599 $\mu\text{V}$	248.31 $\mu\text{V}$
2	15 $\mu\text{V}$	482 $\mu\text{V}$	467 $\mu\text{V}$	88.9 $\mu\text{V}$
3	1 $\mu\text{V}$	420 $\mu\text{V}$	419 $\mu\text{V}$	11.56 $\mu\text{V}$
4	8 $\mu\text{V}$	317 $\mu\text{V}$	309 $\mu\text{V}$	65.3 $\mu\text{V}$
5	8 $\mu\text{V}$	197 $\mu\text{V}$	189 $\mu\text{V}$	46.70 $\mu\text{V}$
MEDIA	47.4 $\mu\text{V}$	444 $\mu\text{V}$	396.6 $\mu\text{V}$	92.154 $\mu\text{V}$

Tab. 52: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione con "biofeedback", delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### Muscolo Deltoide Laterale.

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media:  $\mu\text{V}$  (min. 175  $\mu\text{V}$  – max. 1074  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 533  $\mu\text{V}$  (min. 177  $\mu\text{V}$  – max. 1075  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 4.7  $\mu\text{V}$  (min. 0  $\mu\text{V}$  – max. 12  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 149.037  $\mu\text{V}$  (min. 38.40  $\mu\text{V}$  – max. 456.05  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	1 $\mu\text{V}$	864 $\mu\text{V}$	864 $\mu\text{V}$	156.69 $\mu\text{V}$
2	4 $\mu\text{V}$	843 $\mu\text{V}$	836 $\mu\text{V}$	215.01 $\mu\text{V}$
3	101 $\mu\text{V}$	462 $\mu\text{V}$	361 $\mu\text{V}$	218.81 $\mu\text{V}$
4	1 $\mu\text{V}$	97 $\mu\text{V}$	96 $\mu\text{V}$	38.40 $\mu\text{V}$
5	9 $\mu\text{V}$	305 $\mu\text{V}$	296 $\mu\text{V}$	67.67 $\mu\text{V}$
6	232 $\mu\text{V}$	857 $\mu\text{V}$	625 $\mu\text{V}$	435.52 $\mu\text{V}$
7	3 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	287 $\mu\text{V}$	61.0 $\mu\text{V}$
8	2 $\mu\text{V}$	682 $\mu\text{V}$	680 $\mu\text{V}$	456.05 $\mu\text{V}$
9	1 $\mu\text{V}$	193 $\mu\text{V}$	192 $\mu\text{V}$	72.40 $\mu\text{V}$
10	11 $\mu\text{V}$	522 $\mu\text{V}$	511 $\mu\text{V}$	68.82 $\mu\text{V}$
MEDIA	36.5 $\mu\text{V}$	511.6 $\mu\text{V}$	475.1 $\mu\text{V}$	149.037 $\mu\text{V}$

Tab. 53: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

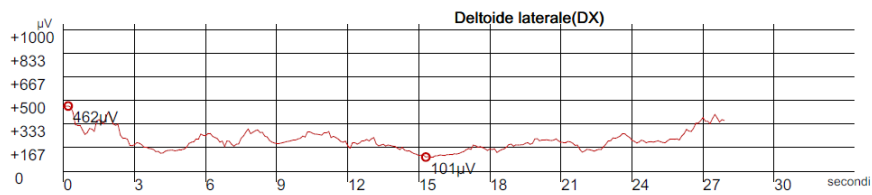


Fig. 41: Esempio di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Laterale nella seconda valutazione post operatoria di due pazienti.

### MUSCOLO DELTOIDE LATERALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 491.2 µV (min. 96 µV – max. 864 µV).

Spike medio: 514.4 µV (min. 97 µV – max. 864 µV).

Voltaggio minimo: 23.2 µV (min. 1 µV – max. 101 µV).

Voltaggio medio: 139.316 µV (min. 38.40 µV – max. 218.81 µV).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	1 µV	864 µV	864 µV	156.69 µV
2	4 µV	843 µV	836 µV	215.01 µV
3	101 µV	462µV	361 µV	218.81 µV
4	1 µV	97 µV	96 µV	38.40 µV
5	9 µV	305 µV	296 µV	67.67 µV
MEDIA	23.2 µV	514.4 µV	491.2 µV	139.316 µV

Tab. 54: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### Muscolo Deltoide Laterale in pazienti sottoposti ad una riabilitazione “standard”.

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 459 µV (min. 192 µV – max. 680 µV).

Spike medio: 508.8 µV (min. 193 µV – max. 857 µV).

Voltaggio minimo: 49.8 µV (min. 1 µV – max. 232 µV).

Voltaggio medio: 158.758 µV (min. 61.0 µV – max. 456.05 µV).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO

1	232 $\mu\text{V}$	857 $\mu\text{V}$	625 $\mu\text{V}$	435.52 $\mu\text{V}$
2	3 $\mu\text{V}$	290 $\mu\text{V}$	287 $\mu\text{V}$	61.0 $\mu\text{V}$
3	2 $\mu\text{V}$	682 $\mu\text{V}$	680 $\mu\text{V}$	456.05 $\mu\text{V}$
4	1 $\mu\text{V}$	193 $\mu\text{V}$	192 $\mu\text{V}$	72.40 $\mu\text{V}$
5	11 $\mu\text{V}$	522 $\mu\text{V}$	511 $\mu\text{V}$	68.82 $\mu\text{V}$
MEDIA	49.8 $\mu\text{V}$	508.8 $\mu\text{V}$	459 $\mu\text{V}$	158.758 $\mu\text{V}$

Tab. 55: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione con "standard", delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### **British Medical Research Council scale.**

9 pazienti su 10, in questa fase (a 3 mesi e 20 giorni dall'intervento) presentano un "British Medical Research Council scale" di:

- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

Mentre 1 paziente ha un British Medical Research Council scale di:

- Forza=3: presenza di movimento che supera la gravità ma che non oppone resistenza.

#### **British Medical Research Council scale nella prima valutazione post – operatoria in pazienti sottoposti ad una riabilitazione con "biofeedback":**

5 pazienti su 5, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

#### **British Medical Research Council scale nella prima valutazione post – operatoria in pazienti sottoposti ad un tipo di riabilitazione con "standard".**

3 pazienti su 5, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

Mentre 1 paziente ha un British Medical Research Council scale di:

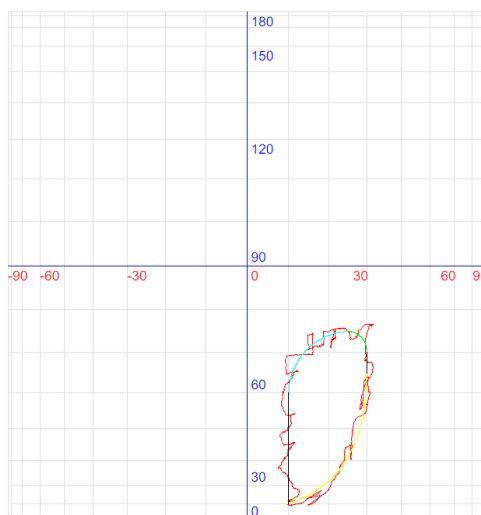
- Forza=3: presenza di movimento che supera la gravità ma che non oppone resistenza.

#### **SECONDA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA' PROPIOCETTIVA:**

Valutazione propriocettiva: 1.526° (max. 1.62°; min. 1.37°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.46°
2	1.5°
3	1.49°
4	1.37°
5	1.49°
6	1.52°
7	1.62°
8	1.58°
9	1.62°
10	1.61°
<b>MEDIA</b>	<b>1.543°</b>

Tab. 56: In tabella i risultati dell'abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.



Indice stabilità: 1,52°  
Punti di dolore:

Fig. 42: Esempio di valutazione propriocettiva: la prova consiste nel far seguire al paziente attraverso il braccio robotico motorizzato, la traiettoria proposta sullo schermo: maggiormente si discosta dalla traiettoria proposta, peggiore è la performance e di conseguenza maggiore sarà il risultato numerico.

**SECONDA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA’ PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”:**

Valutazione propriocettiva: 1.462° (min. 1.37°; max. 1.49°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.46°
2	1.5°
3	1.49°
4	1.37°
5	1.49°
MEDIA	1.462°

Tab. 57: In tabella i risultati dell'abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

### **SECONDA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA' PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE "STANDARD"**

Valutazione propriocettiva: 1.59°.

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.52°
2	1.62°
3	1.58°
4	1.62°
5	1.61°
MEDIA	1.59°

Tab. 58: In tabella i risultati dell'abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

### **TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA**

In questa fase è stato valutato il R.O.M. (Range Of Movement) in tutti i piani dello spazio, è stata valutata l'elettromiografia di superficie e l'abilità propriocettiva in tutti e 10 i pazienti inseriti nello studio.

È stata eseguita:

- una valutazione in elevazione anteposizione in verticale;
- una valutazione in flessione estensione orizzontale;
- una valutazione dell'intra- e dell'extra-rotazione,
- una elettromiografia di superficie (sEMG);
- una valutazione propriocettiva.

Tale valutazione viene eseguita dopo 6 mesi e 20 giorni dall'intervento di RSA, cioè dopo 6 mesi dall'inizio del percorso riabilitativo.

**TERZA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI PROTESI TOTALE INVERSA DI SPALLA**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 128.83 gradi (max. 147.7 gradi; min. 120 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +156.12 gradi (max. +177.1 gradi; min. +147.2 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +27.29 gradi (max. +34.2 gradi; min. +22.8 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+168.5°	+24.2°	144.3°
2	+164.7°	+27.3°	137.4°
3	+166.6°	+25.5°	141.1°
4	+157.4°	+22.8°	134.6°
5	+177.1°	+29.4°	147.7°
6	+154.2°	+34.2°	120°
7	+151.8°	+29.1°	122.7°
8	+150.6°	+26.3°	124.3°
9	+153.1°	+28.3°	124.8°
10	+147.2°	+25.8°	124.4°
VALORI MEDI	+156.12°	+27.29°	128.83°

Tab. 59: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.



Tempo Da sec. 0 A sec. 70



Fig. 43: Esempio di elevazione anteposizione verticale in un paziente dopo 6 mesi dall'inizio del percorso di recupero dall'intervento di RSA lato sinistro.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

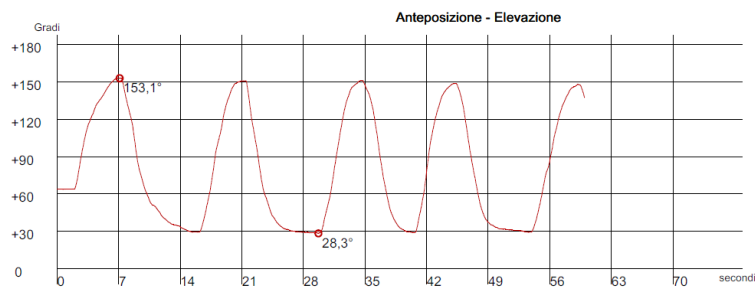


Fig 44: Esempio di elevazione - anteposizione verticale. Nell'asse delle ordinate i gradi di elevazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**TERZA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA"**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 128.83 gradi (max. 147.7 gradi; min. 134.6 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +160.86 gradi (max. +177.1 gradi; min. +157.4 gradi).

- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +25.84 gradi (max. +29.4 gradi; min. +24.2 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+168.5°	+24.2°	144.3°
2	+164.7°	+27.3°	137.4°
3	+166.6°	+25.5°	141.1°
4	+157.4°	+22.8°	134.6°
5	+177.1°	+29.4°	147.7°
VALORI MEDI	+160.86°	+25.84°	128.83°

Tab. 60: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**TERZA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”:**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 122.64 gradi (max. 124.8 gradi; min. 120 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +151.38 gradi (max. +154.2 gradi; min. +147.2 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +28.74 gradi (max. +34.2 gradi; min. +25.8 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+154.2°	+34.2°	120°
2	+151.8°	+29.1°	122.7°
3	+150.6°	+26.3°	124.3°
4	+153.1°	+28.3°	124.8°
5	+147.2°	+25.8°	124.4°
VALORI MEDI	+151.38°	+28.74°	122.64°

Tab. 61: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**TERZA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTO-PROTESI INVERSA DI SPALLA**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 119.87 gradi (max. 131.1 gradi; min. 91.9 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: +80.37 gradi (max. +89.5 gradi; min. +58.4 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -39.25 gradi (max. -46.7 gradi; min. -33.5 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+88.9°	-42.2°	131.1°
2	+85.9°	-40.7°	126.6°
3	+88.8°	-40.7°	129.5°
4	+89.5°	-31.6°	121.1°
5	+58.4°	-33.5°	91.9°
6	+73.6°	-46.7°	120.1°
7	+74.3°	-35.4°	109.7°
8	+85.5	-39.2°	124.7°
9	+76.5°	-36.5°	113°
10	+82.3°	-48.5°	130.8°
VALORI MEDI	+80.37°	-39.25°	119.87°

Tab. 62: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

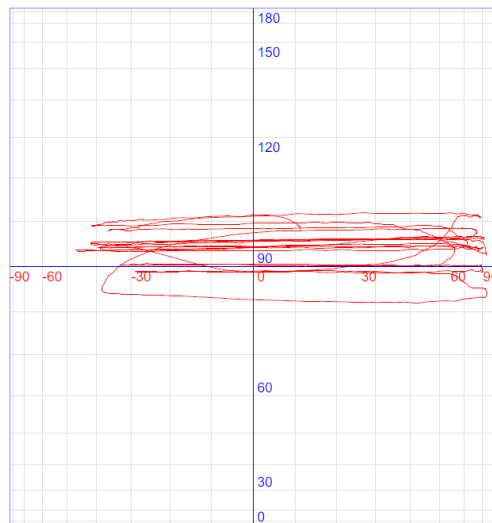


Fig. 45: Esempio di flesso estensione orizzontale in un paziente dopo 6 mesi e 20 giorni dall'intervento di RSA lato destro.

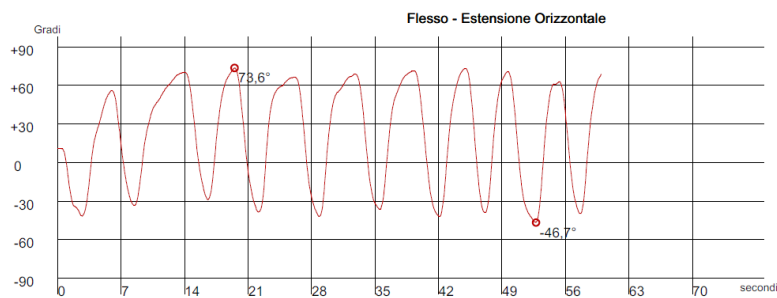


Fig. 46: Esempio di registrazione del movimento di flesso estensione orizzontale. Nell'asse delle ordinate i gradi di flesso estensione orizzontali: in negativo sotto lo "0" i gradi di adduzione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in abduzione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**TERZA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA":**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flesso estensione orizzontale: 120.04 gradi (max. 131.1 gradi; min. 91.9 gradi).

- Valore massimo di flesso estensione orizzontale in abduzione medio: +82.3 gradi (max. +89.5 gradi; min. +58.4 gradi).
- Valore di minima flesso estensione orizzontale in adduzione medio: -37.74 gradi (max. -42.2 gradi; min. -31.6 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+88.9°	-42.2°	131.1°
2	+85.9°	-40.7°	126.6°
3	+88.8°	-40.7°	129.5°
4	+89.5°	-31.6°	121.1°
5	+58.4°	-33.5°	91.9°
VALORI MEDI	+82.3°	-37.74°	120.04°

Tab. 63: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flesso estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### TERZA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flesso estensione orizzontale: 119.7 gradi (max. 130.8 gradi; min. 109.7 gradi).
- Valore massimo di flesso estensione orizzontale in abduzione medio: + 78.44 gradi (max. +85.5 gradi; min. +73.6 gradi).
- Valore di minima flesso estensione orizzontale in adduzione medio: -41.26 gradi (max. -48.5 gradi; min. -35.4 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+73.6°	-46.7°	120.1°
2	+74.3°	-35.4°	109.7°
3	+85.5	-39.2°	124.7°
4	+76.5°	-36.5°	113°
5	+82.3°	-48.5°	130.8°
VALORI MEDI	+78.44°	-41.26°	119.7°

Tab. 64: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 78.94 gradi (max. 95.7 gradi; min. 60.8 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +24.52 gradi (max. +32.5 gradi; min. +13.2 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -54.46 gradi (max. -65.3 gradi; min. -47.6 gradi).
- Velocità angolare media: 18.47 °/sec. (max. 28.5 °/sec.; min. 12.0°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 8/19 (max.10/19; min. 6/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+32.5°	-63.2°	95.7°	17.5 °/sec.	10/19
2	+30.3°	-52.8°	83.1°	18.7 °/sec.	9/19
3	+29.9°	-53.9°	83.8°	12.7 °/sec.	8/19
4	+16.2°	-51.7°	67.9°	17.0 °/sec.	7/19
5	+27°	-58.8°	85.8°	28.5 °/sec.	8/19
6	+23.6°	-51.1°	74.7°	16.5 °/sec.	8/19
7	+23.6°	-49.6°	73.2°	22.8 °/sec.	7/19
8	+20.3°	-65.3°	75.6°	17.7 °/sec.	9/19
9	+20.5°	-50.6°	71.1°	12.0 °/sec.	8/19
10	+13.2°	-47.6°	60.8°	21.3 °/sec.	6/19
VALORE MEDIO	+24.52°	-54.46°	78.98°	18.47 °/sec.	8/19

Tab. 65: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

## Ventaglio

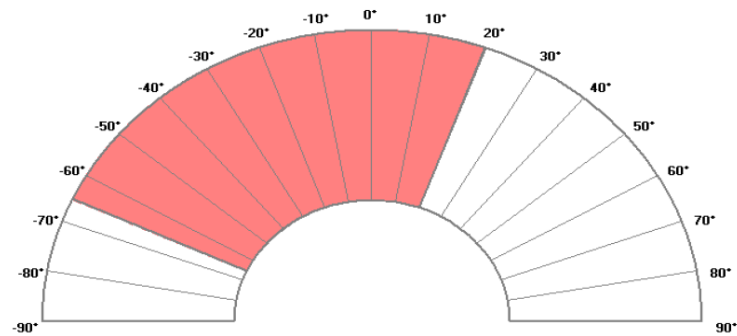


Fig. 47: Esempio di una registrazione dell' intra e dell' extrarotazione. La porzione di ventaglio evidenziata in rosa, indica il ROM eseguito dal paziente. I gradi numerati in negativo a partire dallo 0 (nella metà sinistra della figura) indicano l'intrarotazione, mentre i gradi numerati in positivo nella metà destra della figura indicano l'extrarotazione. In questo caso l'arto esaminato è il destro.

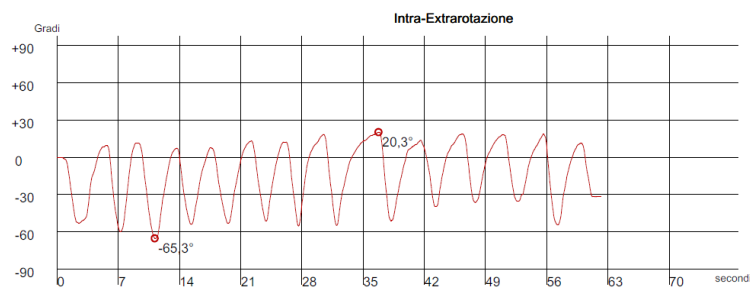


Fig. 48: Esempio di registrazione del movimento intra- ed extra-rotazione. Nell'asse delle ordinate i gradi di intra- ed extra-rotazione: in negativo sotto lo "0" i gradi di intra-rotazione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in extra-rotazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

### TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA"

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 84.88 gradi (max. 95.7 gradi; min. 67.9 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +28.8 gradi (max. +32.5 gradi; min. +16.2 gradi).

- Valore massimo di intra-rotazione medio: -56.08 gradi (max. -63.2 gradi; min. -51.7 gradi).
- Velocità angolare media: 18.88 °/sec. (max. 28.5 °/sec.; min. 12.7°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 8.4/19 (max.10/19; min. 7/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+32.5°	-63.2°	95.7°	17.5 °/sec.	10/19
2	+30.3°	-52.8°	83.1°	18.7 °/sec.	9/19
3	+29.9°	-53.9°	83.8°	12.7 °/sec.	8/19
4	+16.2°	-51.7°	67.9°	17.0 °/sec.	7/19
5	+27°	-58.8°	85.8°	28.5 °/sec.	8/19
VALORE MEDIO	28.8°	-56.08°	84.88°	18.88 °/sec.	8.4/19

Tab. 66: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE "STANDARD"

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 73.08 gradi (max. 75.6 gradi; min. 60.8 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +20.24 gradi (max. +23.6 gradi; min. +13.2 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -52.84 gradi (max. -65.3 gradi; min. -47.6 gradi).
- Velocità angolare media: 16.62 °/sec. (max. 22.8 °/sec.; min. 12.0 °/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 7.6/19 (max.9/19; min. 6/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI
1	+23.6°	-51.1°	74.7°	16.5 °/sec.	8/19
2	+23.6°	-49.6°	73.2°	22.8 °/sec.	7/19
3	+20.3°	-65.3°	75.6°	17.7 °/sec.	9/19
4	+20.5°	-50.6°	71.1°	12.0 °/sec.	8/19
5	+13.2°	-47.6°	60.8°	21.3 °/sec.	6/19
VALORE MEDIO	20.24°	-52.84°	73.08°	18.06 °/sec.	7.6/19



Tab. 67: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo “+”) ed intra-rotazione (in negativo “-“), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell’ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### TERZA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA STRUMENTALE MEDIANTE EMG DI SUPERFICIE

I muscoli analizzati mediante l’EMG di superficie sono 4:

1. Muscolo Gran Pettorale;
2. Muscolo Gran Forsale;
3. Muscolo Deltoide Anteriore;
4. Muscolo Deltoide Laterale.

#### MUSCOLO GRAN PETTORALE

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 575.4  $\mu\text{V}$  (min. 166  $\mu\text{V}$  – max. 812  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 644  $\mu\text{V}$  (min. 170  $\mu\text{V}$  – max. 873  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 68.6  $\mu\text{V}$  (min. 4  $\mu\text{V}$  – max. 321  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 283.302  $\mu\text{V}$  (min. 31.42  $\mu\text{V}$  – max. 681.46  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	5 $\mu\text{V}$	684 $\mu\text{V}$	679 $\mu\text{V}$	291.51 $\mu\text{V}$
2	13 $\mu\text{V}$	867 $\mu\text{V}$	854 $\mu\text{V}$	482.33 $\mu\text{V}$
3	6 $\mu\text{V}$	818 $\mu\text{V}$	812 $\mu\text{V}$	235.21 $\mu\text{V}$
4	16 $\mu\text{V}$	673 $\mu\text{V}$	657 $\mu\text{V}$	110.45 $\mu\text{V}$
5	170 $\mu\text{V}$	623 $\mu\text{V}$	453 $\mu\text{V}$	332.34 $\mu\text{V}$
6	321 $\mu\text{V}$	873 $\mu\text{V}$	552 $\mu\text{V}$	681.46 $\mu\text{V}$
7	122 $\mu\text{V}$	642 $\mu\text{V}$	520 $\mu\text{V}$	289.50 $\mu\text{V}$
8	4 $\mu\text{V}$	170 $\mu\text{V}$	166 $\mu\text{V}$	31.42 $\mu\text{V}$
9	20 $\mu\text{V}$	794 $\mu\text{V}$	774 $\mu\text{V}$	273.77 $\mu\text{V}$
10	9 $\mu\text{V}$	296 $\mu\text{V}$	287 $\mu\text{V}$	105.03 $\mu\text{V}$
<b>MEDIA</b>	68.6 $\mu\text{V}$	644 $\mu\text{V}$	575.4 $\mu\text{V}$	283.302 $\mu\text{V}$

Tab. 68: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

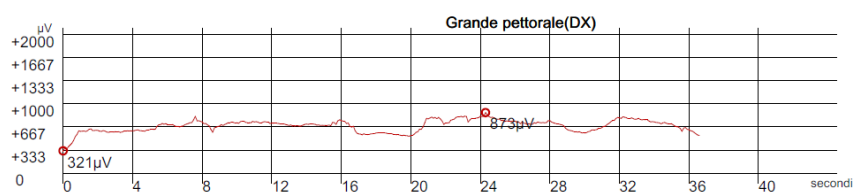


Fig. 49: Esempio di registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Pettorale nella terza valutazione post operatoria.

### MUSCOLO GRAN PETTORALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 691 µV (min. 453 µV – max. 854 µV).

Spike medio: 733 µV (min. 623 µV – max. 867 µV).

Voltaggio minimo: 42 µV (min. 5 µV – max. 170 µV).

Voltaggio medio: 290.368 µV (min. 110.45 µV – max. 482.33 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	5 µV	684 µV	679 µV	291.51 µV
2	13 µV	867 µV	854 µV	482.33 µV
3	6 µV	818 µV	812 µV	235.21 µV
4	16 µV	673 µV	657 µV	110.45 µV
5	170 µV	623 µV	453 µV	332.34 µV
<b>MEDIA</b>	<b>42 µV</b>	<b>733 µV</b>	<b>691 µV</b>	<b>290.368 µV</b>

Tab. 69: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### MUSCOLO GRAN PETTORALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 459.8 µV (min. 166 µV – max. 774 µV).

Spike medio: 555 µV (min. 170 µV – max. 873 µV).

Voltaggio minimo: 95.2 µV (min. 4 µV – max. 321 µV).

Voltaggio medio: 276.236 µV (min. 31.42 µV – max. 681.46 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	321 µV	873 µV	552 µV	681.46 µV
2	122 µV	642 µV	520 µV	289.50 µV

3	4 $\mu\text{V}$	170 $\mu\text{V}$	166 $\mu\text{V}$	31.42 $\mu\text{V}$
4	20 $\mu\text{V}$	794 $\mu\text{V}$	774 $\mu\text{V}$	273.77 $\mu\text{V}$
5	9 $\mu\text{V}$	296 $\mu\text{V}$	287 $\mu\text{V}$	105.03 $\mu\text{V}$
MEDIA	95.2 $\mu\text{V}$	555 $\mu\text{V}$	459.8 $\mu\text{V}$	276.236 $\mu\text{V}$

Tab. 70: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### MUSCOLO GRAN DORSALE

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 629.8  $\mu\text{V}$  (min. 86  $\mu\text{V}$  – max. 871  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 702.6  $\mu\text{V}$  (min. 94  $\mu\text{V}$  – max. 881  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 72.8  $\mu\text{V}$  (min. 8  $\mu\text{V}$  – max. 244  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 308.507  $\mu\text{V}$  (min. 24.23  $\mu\text{V}$  – max. 432.93  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	12 $\mu\text{V}$	828 $\mu\text{V}$	816 $\mu\text{V}$	237.66 $\mu\text{V}$
2	12 $\mu\text{V}$	868 $\mu\text{V}$	856 $\mu\text{V}$	410.01 $\mu\text{V}$
3	9 $\mu\text{V}$	871 $\mu\text{V}$	862 $\mu\text{V}$	428.13 $\mu\text{V}$
4	244 $\mu\text{V}$	598 $\mu\text{V}$	354 $\mu\text{V}$	347 $\mu\text{V}$
5	10 $\mu\text{V}$	881 $\mu\text{V}$	871 $\mu\text{V}$	271.40 $\mu\text{V}$
6	211 $\mu\text{V}$	713 $\mu\text{V}$	502 $\mu\text{V}$	338.06 $\mu\text{V}$
7	42 $\mu\text{V}$	855 $\mu\text{V}$	813 $\mu\text{V}$	432.93 $\mu\text{V}$
8	8 $\mu\text{V}$	94 $\mu\text{V}$	86 $\mu\text{V}$	24.23 $\mu\text{V}$
9	91 $\mu\text{V}$	751 $\mu\text{V}$	660 $\mu\text{V}$	314.89 $\mu\text{V}$
10	89 $\mu\text{V}$	567 $\mu\text{V}$	478 $\mu\text{V}$	281.30 $\mu\text{V}$
MEDIA	72.8 $\mu\text{V}$	702.6 $\mu\text{V}$	629.8 $\mu\text{V}$	308.507 $\mu\text{V}$

Tab. 71: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

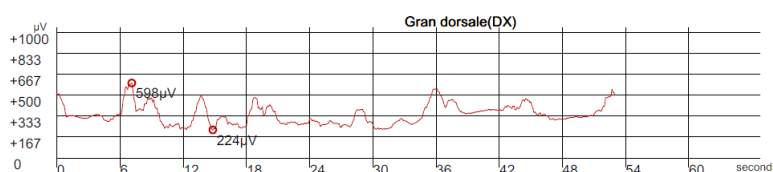


Fig. 50: Esempio di una registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Dorsale nella terza valutazione post operatoria.

### EMGS DEL MUSCOLO GRAN DORSALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 751.8  $\mu\text{V}$  (min. 354  $\mu\text{V}$  – max. 871  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 809.2  $\mu\text{V}$  (min. 598  $\mu\text{V}$  – max. 881  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 57.4  $\mu\text{V}$  (min. 9  $\mu\text{V}$  – max. 244  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 338.84  $\mu\text{V}$  (min. 237.66  $\mu\text{V}$  – max. 428.13  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	12 $\mu\text{V}$	828 $\mu\text{V}$	816 $\mu\text{V}$	237.66 $\mu\text{V}$
2	12 $\mu\text{V}$	868 $\mu\text{V}$	856 $\mu\text{V}$	410.01 $\mu\text{V}$
3	9 $\mu\text{V}$	871 $\mu\text{V}$	862 $\mu\text{V}$	428.13 $\mu\text{V}$
4	244 $\mu\text{V}$	598 $\mu\text{V}$	354 $\mu\text{V}$	347 $\mu\text{V}$
5	10 $\mu\text{V}$	881 $\mu\text{V}$	871 $\mu\text{V}$	271.40 $\mu\text{V}$
MEDIA	57.4 $\mu\text{V}$	809.2 $\mu\text{V}$	751.8 $\mu\text{V}$	338.84 $\mu\text{V}$

Tab. 72: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione con “biofeedback”, delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO GRAN DORSALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 507.8  $\mu\text{V}$  (min. 86  $\mu\text{V}$  – max. 813  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 596  $\mu\text{V}$  (min. 94  $\mu\text{V}$  – max. 855  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 88.2  $\mu\text{V}$  (min. 8  $\mu\text{V}$  – max. 211  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 278.174  $\mu\text{V}$  (min. 24.23  $\mu\text{V}$  – max. 432.93  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	211 $\mu\text{V}$	713 $\mu\text{V}$	502 $\mu\text{V}$	338.06 $\mu\text{V}$
2	42 $\mu\text{V}$	855 $\mu\text{V}$	813 $\mu\text{V}$	432.93 $\mu\text{V}$
3	8 $\mu\text{V}$	94 $\mu\text{V}$	86 $\mu\text{V}$	24.23 $\mu\text{V}$
4	91 $\mu\text{V}$	751 $\mu\text{V}$	660 $\mu\text{V}$	314.89 $\mu\text{V}$
5	89 $\mu\text{V}$	567 $\mu\text{V}$	478 $\mu\text{V}$	281.30 $\mu\text{V}$
MEDIA	88.2 $\mu\text{V}$	596 $\mu\text{V}$	507.8 $\mu\text{V}$	278.174 $\mu\text{V}$

Tab. 73: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 623.5  $\mu\text{V}$  (min. 384  $\mu\text{V}$  – max. 855  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 712.4  $\mu\text{V}$  (min. 503  $\mu\text{V}$  – max. 878  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 88.9  $\mu\text{V}$  (min. 4  $\mu\text{V}$  – max. 205  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 304.078  $\mu\text{V}$  (min. 135.24  $\mu\text{V}$  – max. 456.41  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	136 $\mu\text{V}$	871 $\mu\text{V}$	735 $\mu\text{V}$	415.84 $\mu\text{V}$
2	23 $\mu\text{V}$	878 $\mu\text{V}$	855 $\mu\text{V}$	541.84 $\mu\text{V}$
3	123 $\mu\text{V}$	827 $\mu\text{V}$	704 $\mu\text{V}$	351.16 $\mu\text{V}$
4	48 $\mu\text{V}$	503 $\mu\text{V}$	455 $\mu\text{V}$	205.73 $\mu\text{V}$
5	14 $\mu\text{V}$	668 $\mu\text{V}$	654 $\mu\text{V}$	246.83 $\mu\text{V}$
6	205 $\mu\text{V}$	804 $\mu\text{V}$	599 $\mu\text{V}$	456.41 $\mu\text{V}$
7	172 $\mu\text{V}$	780 $\mu\text{V}$	608 $\mu\text{V}$	283.49 $\mu\text{V}$
8	10 $\mu\text{V}$	587 $\mu\text{V}$	577 $\mu\text{V}$	135.24 $\mu\text{V}$
9	154 $\mu\text{V}$	538 $\mu\text{V}$	384 $\mu\text{V}$	212.02 $\mu\text{V}$
10	4 $\mu\text{V}$	668 $\mu\text{V}$	664 $\mu\text{V}$	192.22 $\mu\text{V}$
MEDIA	88.9 $\mu\text{V}$	712.4 $\mu\text{V}$	623.5 $\mu\text{V}$	304.078 $\mu\text{V}$

Tab. 74: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

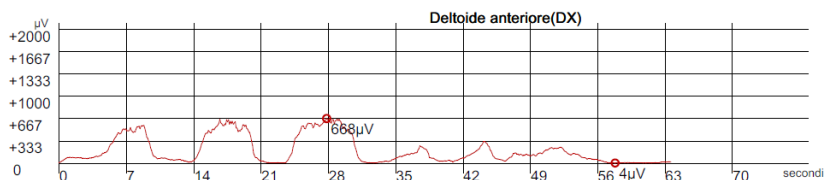


Fig. 51: Esempio di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Anteriore nella terza valutazione post operatoria.

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 680.6  $\mu\text{V}$  (min. 455  $\mu\text{V}$  – max. 855  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 749.4  $\mu\text{V}$  (min. 503  $\mu\text{V}$  – max. 878  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 68.8  $\mu\text{V}$  (min. 14  $\mu\text{V}$  – max. 136  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 3052.28  $\mu\text{V}$  (min. 205.73  $\mu\text{V}$  – max. 541.84  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	136 $\mu\text{V}$	871 $\mu\text{V}$	735 $\mu\text{V}$	415.84 $\mu\text{V}$
2	23 $\mu\text{V}$	878 $\mu\text{V}$	855 $\mu\text{V}$	541.84 $\mu\text{V}$
3	123 $\mu\text{V}$	827 $\mu\text{V}$	704 $\mu\text{V}$	351.16 $\mu\text{V}$
4	48 $\mu\text{V}$	503 $\mu\text{V}$	455 $\mu\text{V}$	205.73 $\mu\text{V}$
5	14 $\mu\text{V}$	668 $\mu\text{V}$	654 $\mu\text{V}$	246.83 $\mu\text{V}$
MEDIA	68.8 $\mu\text{V}$	749.4 $\mu\text{V}$	680.6 $\mu\text{V}$	352.28 $\mu\text{V}$

Tab. 75: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 566.4  $\mu\text{V}$  (min. 384  $\mu\text{V}$  – max. 664  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 675.4  $\mu\text{V}$  (min. 538  $\mu\text{V}$  – max. 804  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 109  $\mu\text{V}$  (min. 4  $\mu\text{V}$  – max. 205  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 255.876  $\mu\text{V}$  (min. 135.24  $\mu\text{V}$  – max.456.41  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	205 $\mu\text{V}$	804 $\mu\text{V}$	599 $\mu\text{V}$	456.41 $\mu\text{V}$
2	172 $\mu\text{V}$	780 $\mu\text{V}$	608 $\mu\text{V}$	283.49 $\mu\text{V}$
3	10 $\mu\text{V}$	587 $\mu\text{V}$	577 $\mu\text{V}$	135.24 $\mu\text{V}$
4	154 $\mu\text{V}$	538 $\mu\text{V}$	384 $\mu\text{V}$	212.02 $\mu\text{V}$
5	4 $\mu\text{V}$	668 $\mu\text{V}$	664 $\mu\text{V}$	192.22 $\mu\text{V}$
MEDIA	109 $\mu\text{V}$	675.4 $\mu\text{V}$	566.4 $\mu\text{V}$	255.876 $\mu\text{V}$

Tab. 76: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione "standard", delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO DELTOIDE LATERALE

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 737.9  $\mu\text{V}$  (min. 219  $\mu\text{V}$  – max. 984  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 846.8  $\mu\text{V}$  (min. 616  $\mu\text{V}$  – max. 994  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 108.9  $\mu\text{V}$  (min. 9  $\mu\text{V}$  – max. 349  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 422.847  $\mu\text{V}$  (min. 324.64  $\mu\text{V}$  – max. 609.45  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	10 $\mu\text{V}$	994 $\mu\text{V}$	984 $\mu\text{V}$	490.94 $\mu\text{V}$
2	9 $\mu\text{V}$	931 $\mu\text{V}$	922 $\mu\text{V}$	324.64 $\mu\text{V}$
3	11 $\mu\text{V}$	907 $\mu\text{V}$	898 $\mu\text{V}$	609.45 $\mu\text{V}$
4	169 $\mu\text{V}$	844 $\mu\text{V}$	675 $\mu\text{V}$	425.35 $\mu\text{V}$
5	12 $\mu\text{V}$	825 $\mu\text{V}$	813 $\mu\text{V}$	479.01 $\mu\text{V}$
6	232 $\mu\text{V}$	857 $\mu\text{V}$	625 $\mu\text{V}$	533.54 $\mu\text{V}$
7	260 $\mu\text{V}$	616 $\mu\text{V}$	356 $\mu\text{V}$	348.87 $\mu\text{V}$
8	9 $\mu\text{V}$	985 $\mu\text{V}$	976 $\mu\text{V}$	191.32 $\mu\text{V}$
9	349 $\mu\text{V}$	568 $\mu\text{V}$	219 $\mu\text{V}$	412.46 $\mu\text{V}$
10	28 $\mu\text{V}$	941 $\mu\text{V}$	913 $\mu\text{V}$	412.93 $\mu\text{V}$
MEDIA	108.9 $\mu\text{V}$	846.8 $\mu\text{V}$	737.9 $\mu\text{V}$	422.847 $\mu\text{V}$

Tab. 77: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

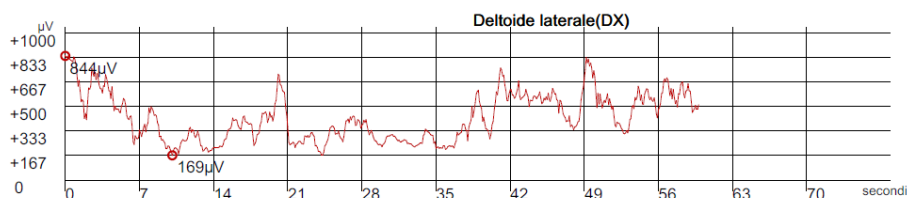


Fig. 52: Esempio di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Laterale nella terza valutazione post operatoria di due pazienti.

## MUSCOLO DELTOIDE LATERALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 858  $\mu\text{V}$  (min. 675  $\mu\text{V}$  – max. 984  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 900.2  $\mu\text{V}$  (min. 825  $\mu\text{V}$  – max. 994  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 42.2  $\mu\text{V}$  (min. 9  $\mu\text{V}$  – max. 169  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 456.874  $\mu\text{V}$  (min. 324.64  $\mu\text{V}$  – max. 609.45  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	10 $\mu\text{V}$	994 $\mu\text{V}$	984 $\mu\text{V}$	490.94 $\mu\text{V}$
2	9 $\mu\text{V}$	931 $\mu\text{V}$	922 $\mu\text{V}$	324.64 $\mu\text{V}$
3	11 $\mu\text{V}$	907 $\mu\text{V}$	898 $\mu\text{V}$	609.45 $\mu\text{V}$
4	169 $\mu\text{V}$	844 $\mu\text{V}$	675 $\mu\text{V}$	425.35 $\mu\text{V}$
5	12 $\mu\text{V}$	825 $\mu\text{V}$	813 $\mu\text{V}$	479.01 $\mu\text{V}$
MEDIA	42.2 $\mu\text{V}$	900.2 $\mu\text{V}$	858 $\mu\text{V}$	465.874 $\mu\text{V}$

Tab. 78: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

## MUSCOLO DELTOIDE LATERALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 617.8  $\mu\text{V}$  (min. 219  $\mu\text{V}$  – max. 976  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 793.4  $\mu\text{V}$  (min. 219  $\mu\text{V}$  – max. 985  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 175.6  $\mu\text{V}$  (min. 9  $\mu\text{V}$  – max. 349  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 379.82  $\mu\text{V}$  (min. 191.32  $\mu\text{V}$  – max. 533.54  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	232 $\mu\text{V}$	857 $\mu\text{V}$	625 $\mu\text{V}$	533.54 $\mu\text{V}$
2	260 $\mu\text{V}$	616 $\mu\text{V}$	356 $\mu\text{V}$	348.87 $\mu\text{V}$
3	9 $\mu\text{V}$	985 $\mu\text{V}$	976 $\mu\text{V}$	191.32 $\mu\text{V}$
4	349 $\mu\text{V}$	568 $\mu\text{V}$	219 $\mu\text{V}$	412.46 $\mu\text{V}$
5	28 $\mu\text{V}$	941 $\mu\text{V}$	913 $\mu\text{V}$	412.93 $\mu\text{V}$
MEDIA	175.6 $\mu\text{V}$	793.4 $\mu\text{V}$	617.8 $\mu\text{V}$	379.82 $\mu\text{V}$

Tab. 79: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione con



“standard”, delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### **British Medical Research Council scale**

10 pazienti su 10, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell’esaminatore.

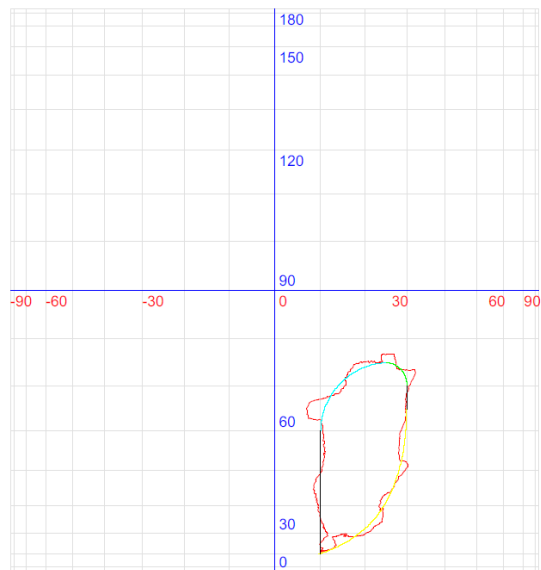
In questa fase non vi sono differenza tra i 2 gruppi di pazienti che sono stati sottoposti ai due tipi di riabilitazione.

#### **TERZA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA’ PROPIOCETTIVA**

Valutazione propiocettiva: 1.526° (max. 1.62°; min. 1.37°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.28°
2	1.3°
3	1.31°
4	1.18°
5	1.27°
6	1.32°
7	1.39°
8	1.35°
9	1.4°
10	1.42°
MEDIA	1.322°

Tab. 80:In tabella i risultati dell’abilità propiocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.



Indice stabilità: 1,32°  
Punti di dolore:

Fig. 53: Esempio di valutazione propriocettiva: la prova consiste nel far seguire al paziente attraverso il braccio robotico motorizzato, la traiettoria proposta sullo schermo: maggiormente si discosta dalla traiettoria proposta, peggiore è la performance e di conseguenza maggiore sarà il risultato numerico.

**TERZA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA’ PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”**

Valutazione propriocettiva: 1.268° (min. 1.18°; max. 1.31°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.28°
2	1.3°
3	1.31°
4	1.18°
5	1.27°
<b>MEDIA</b>	<b>1.268°</b>

Tab. 81: In tabella i risultati dell’abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

**TERZA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA’ PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”**

Valutazione propriocettiva: 1.376°(min. 1.32°; max. 1.42°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.32°
2	1.39°
3	1.35°
4	1.4°
5	1.42°
MEDIA	1.376°

Tab. 82: In tabella i risultati dell'abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

#### **QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA**

In questa fase è stato valutato il R.O.M. (Range Of Movement) in tutti i piani dello spazio, è stata valutata l'elettromiografia di superficie e l'abilità propriocettiva in tutti e 10 i pazienti inseriti nello studio.

È stata eseguita:

- una valutazione in elevazione anteposizione in verticale;
- una valutazione in flessione estensione orizzontale;
- una valutazione dell'intra- e dell'extra-rotazione,
- una elettromiografia di superficie (sEMG);
- una valutazione propriocettiva.

Tale valutazione viene eseguita dopo 1 anno e 20 giorni circa dall'intervento di RSA, cioè dopo 6 mesi dall'inizio del percorso riabilitativo.

#### **QUARTA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI PROTESI TOTALE INVERSA DI SPALLA**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 139.37 gradi (max. 151.5 gradi; min. 123.6 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +164.22 gradi (max. +171.7 gradi; min. +151.5 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +24.85 gradi (max. +33.9 gradi; min. +20.1 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+171.7°	+20.5°	151.2°

2	+169.8°	+18.3°	151.5°
3	+170.8°	+22.1°	148.7°
4	+168.6°	+20.1°	148.5°
5	+171.6°	+30.3°	141.3°
6	+165.3°	+33.9°	131.4°
7	+160.3°	+23.7°	136.6°
8	+151.9°	+28.2°	123.7°
9	+160.7°	+23.5°	137.2°
10	+151.5°	+27.9°	123.6°
VALORI MEDI	+164.22°	+24.85°	139.37°

Tab. 83: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

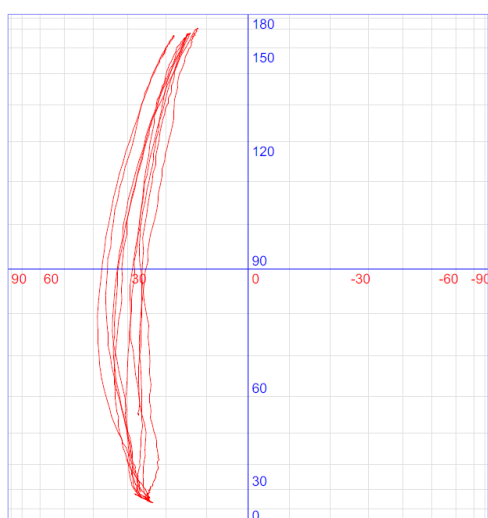


Fig. 54: Esempio di elevazione anteposizione verticale in un paziente dopo 1 anno dall'inizio del percorso di recupero dall'intervento di RSA lato sinistro.

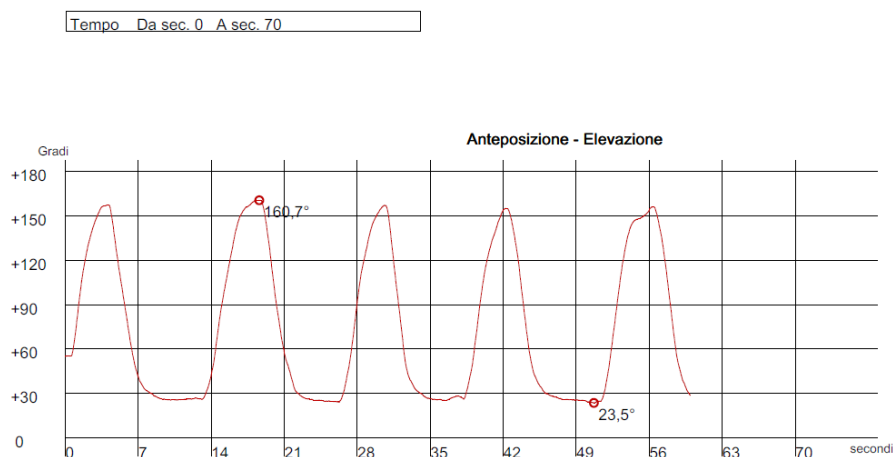


Fig. 55: Esempio di elevazione - anteposizione verticale nella quarta valutazione post - operatoria. Nell'asse delle ordinate i gradi di elevazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**QUARTA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA"**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 148.24 gradi (max. 151.5 gradi; min. 141.3 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +170.5 gradi (max. +171.7 gradi; min. +168.6 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +22.26 gradi (max. +30.3 gradi; min. +20.1 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+171.7°	+20.5°	151.2°
2	+169.8°	+18.3°	151.5°
3	+170.8°	+22.1°	148.7°
4	+168.6°	+20.1°	148.5°
5	+171.6°	+30.3°	141.3°
VALORI MEDI	+170.5°	+22.26°	148.24°

Tab. 84: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**QUARTA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 130.5 gradi (max. 137.2 gradi; min. 123.6 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +157.94 gradi (max. +165.3 gradi; min. +151.5 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +27.44 gradi (max. +33.9 gradi; min. +23.5 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+165.3°	+33.9°	131.4°
2	+160.3°	+23.7°	136.6°
3	+151.9°	+28.2°	123.7°
4	+160.7°	+23.5°	137.2°
5	+151.5°	+27.9°	123.6°
VALORI MEDI	+157.94°	+27.44°	130.5°

Tab. 85: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**QUARTA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTO-PROTESI INVERSA DI SPALLA**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 121.09 gradi (max. 140.8 gradi; min. 91.9 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: +81.91 gradi (max. +88.8 gradi; min. +66 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -39.18 gradi (max. -53.8 gradi; min. -25.9 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+88.1°	-46.1°	134.2°
2	+86.6°	-44.9°	131.5°
3	+88.8°	-44.4°	133.2°

4	+66°	-25.9°	91.9°
5	+87°	-53.8°	140.8°
6	+82.5°	-43.9°	126.4°
7	+80.2°	-36.5°	116.7°
8	+83.8	-30.8°	114.6°
9	+80.6°	-37.9°	118.5°
10	+75.5°	-27.6°	103.1°
VALORI MEDI	+81.91°	-39.18°	121.09°

Tab. 86: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flesso estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70



Fig. 56: Esempio di flesso estensione orizzontale in un paziente dopo 1 anno e 20 giorni circa dall'intervento di RSA lato sinistro.

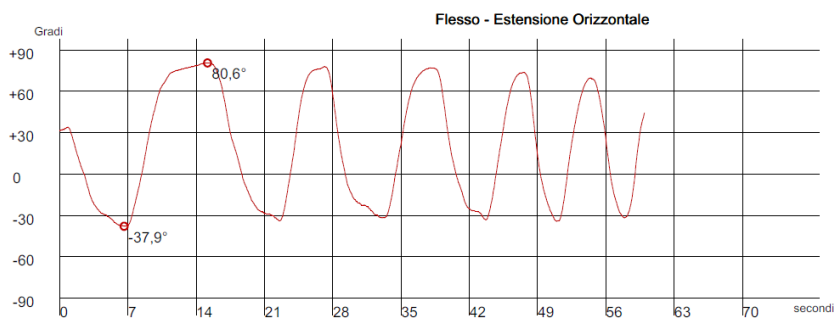


Fig. 57: Esempio di registrazione del movimento di flessione estensione orizzontale. Nell'asse delle ordinate i gradi di flessione estensione orizzontali: in negativo sotto lo "0" i gradi di adduzione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in abduzione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**QUARTA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSIONE ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA"**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 126.32 gradi (max. 140.8 gradi; min. 91.9 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: +83.3 gradi (max. +88.8 gradi; min. +66 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -43.02 gradi (max. -53.8 gradi; min. -25.9 gradi).

PAZIENTI	FLESSIONE ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSIONE ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+88.1°	-46.1°	134.2°
2	+86.6°	-44.9°	131.5°
3	+88.8°	-44.4°	133.2°
4	+66°	-25.9°	91.9°
5	+87°	-53.8°	140.8°
VALORI MEDI	+83.3°	-43.02°	126.32°

Tab. 87: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

**QUARTA VALUTAZIONE POST OPERATORIA DELLA FLESSIONE ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA NEL LATO OPERATO DI PROTESI INVERSA DI SPALLA DEI PAZIENTI CHE HANNO SEGUITO UNA RIABILITAZIONE "STANDARD"**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 115.86 gradi (max. 126.4 gradi; min. 103.1 gradi).



- Valore massimo di flesso estensione orizzontale in abduzione medio: + 80.52 gradi (max. +83.8 gradi; min. +75.5 gradi).
- Valore di minima flesso estensione orizzontale in adduzione medio: -35.34 gradi (max. -43.9 gradi; min. -35.34 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+82.5°	-43.9°	126.4°
2	+80.2°	-36.5°	116.7°
3	+83.8	-30.8°	114.6°
4	+80.6°	-37.9°	118.5°
5	+75.5°	-27.6°	103.1°
VALORI MEDI	80.52°	-35.34°	115.86°

Tab.88: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flesso estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

#### QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 93.63 gradi (max. 140 gradi; min. 72.3 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +35.89 gradi (max. +69.7 gradi; min. +16 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -57.74 gradi (max. -70.3 gradi; min. -46.5 gradi).
- Velocità angolare media: 30.98 °/sec. (max. 59.2 °/sec.; min. 11.4°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 9.4/19 (max.14/19; min. 7/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI RAGGIUNTI
1	+33.5°	-63.4°	96.9°	33.8 °/sec.	10/19
2	+32.7°	-64°	96.7°	21.4 °/sec.	10/19
3	+31.4°	-63°	94.4°	18.0 °/sec.	10/19
4	+48.7°	-54.5°	103.2°	51.5 °/sec.	10/19
5	+69.7°	-70.3°	140°	59.2 °/sec.	14/19
6	+35.5°	-57.1°	82.6°	43.1 °/sec.	9/19
7	+28.5°	-46.5°	75°	11.4 °/sec.	7/19
8	+34.4°	-59.7°	94.1°	31.4 °/sec.	9/19
9	+28.5°	-57.6°	86.1°	18.0 °/sec.	8/19

10	+16°	-56.3°	72.3°	22.0 °/sec.	7/19
VALORE MEDIO	+35.89°	-57.74°	93.63°	30.98 °/sec.	9.4/19

Tab. 89: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

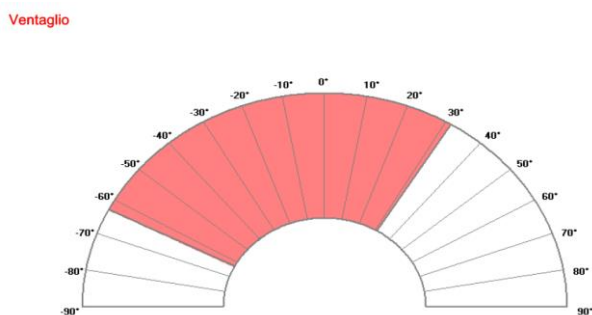


Fig. 58: Esempio di una registrazione dell' intra e dell' extrarotazione. La porzione di ventaglio evidenziata in rosa, indica il ROM eseguito dal paziente. I gradi numerati in negativo a partire dallo 0 (nella metà sinistra della figura) indicano l'intrarotazione, mentre i gradi numerati in positivo nella metà destra della figura indicano l'extrarotazione. In questo caso l'arto esaminato è il destro.

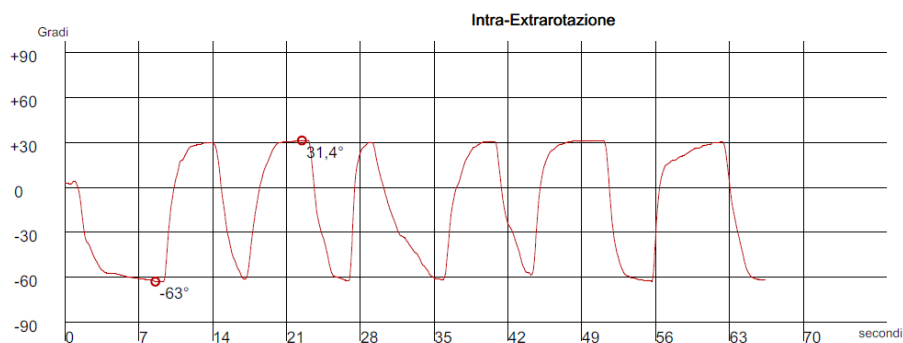


Fig. 59: Esempio di registrazione del movimento intra- ed extra-rotazione. Nell'asse delle ordinate i gradi di intra- ed extra-rotazione: in negativo sotto lo "0" i gradi di intra-rotazione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in extra-rotazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

**QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA "RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA"**

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 103.24 gradi (max. 70.3 gradi; min. 94.4 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +43.2 gradi (max. +69.7 gradi; min. +31.4 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -60.04 gradi (max. -70.3 gradi; min. -54.5 gradi).
- Velocità angolare media: 36.78 °/sec. (max. 59.2 °/sec.; min. 18.0 °/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 10.8/19 (max.14/19; min. 10/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI RAGGIUNTI
1	+33.5°	-63.4°	96.9°	33.8 °/sec.	10/19
2	+32.7°	-64°	96.7°	21.4 °/sec.	10/19
3	+31.4°	-63°	94.4°	18.0 °/sec.	10/19
4	+48.7°	-54.5°	103.2°	51.5 °/sec.	10/19
5	+69.7°	-70.3°	140°	59.2 °/sec.	14/19
VALORE MEDIO	+43.2°	-60.04°	103.24°	36.78 °/sec.	10.8/19

Tab. 90: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

#### QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA NEL LATO SOTTOPOSTO AD INTERVENTO DI ARTROPROTESI INVERSA DI SPALLA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE "STANDARD"

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 84.02 gradi (max. 94.1 gradi; min. 72.3 gradi).
- Valore massimo di extra-rotazione medio: +28.58 gradi (max. +35.5 gradi; min. +16.0 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -55.44 gradi (max. -59.7 gradi; min. -46.5 gradi).
- Velocità angolare media: 25.18 °/sec. (max. 43.1 °/sec.; min. 11.4 °/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 8/19 (max.9/19; min. 7/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI RAGGIUNTI
----------	--	---------------------------------------	-------------------------	-------------------------------	---------------------

1	+35.5°	-57.1°	82.6°	43.1 °/sec.	9/19
2	+28.5°	-46.5°	75°	11.4 °/sec.	7/19
3	+34.4°	-59.7°	94.1°	31.4 °/sec.	9/19
4	+28.5°	-57.6°	86.1°	18.0 °/sec.	8/19
5	+16.0°	-56.3°	72.3°	22.0 °/sec.	7/19
VALORE MEDIO	+28.58°	-55.44°	84.02°	25.18 °/sec.	8/19

Tab. 91: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo “+”) ed intra-rotazione (in negativo “-“), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell’ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

#### QUARTA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA STRUMENTALE MEDIANTE EMG DI SUPERFICIE

I muscoli analizzati mediante l’EMG di superficie sono 4:

1. Muscolo Gran Pettorale;
2. Muscolo Gran Dorsale;
3. Muscolo Deltoide Anteriore;
4. Muscolo Deltoide Laterale.

#### MUSCOLO GRAN PETTORALE

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 719.8  $\mu$ V (min. 134  $\mu$ V – max. 952  $\mu$ V).

Spike medio: 823.4  $\mu$ V (min. 134  $\mu$ V – max. 1015  $\mu$ V).

Voltaggio minimo: 103.6  $\mu$ V (min. 4  $\mu$ V – max. 400  $\mu$ V).

Voltaggio medio: 425.608  $\mu$ V (min. 99.08  $\mu$ V – max. 661.87  $\mu$ V).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	10 $\mu$ V	962 $\mu$ V	952 $\mu$ V	518.86 $\mu$ V
2	9 $\mu$ V	699 $\mu$ V	690 $\mu$ V	259.40 $\mu$ V
3	34 $\mu$ V	869 $\mu$ V	835 $\mu$ V	503.15 $\mu$ V
4	224 $\mu$ V	886 $\mu$ V	662 $\mu$ V	531.99 $\mu$ V
5	400 $\mu$ V	1015 $\mu$ V	615 $\mu$ V	661.87 $\mu$ V
6	186 $\mu$ V	921 $\mu$ V	735 $\mu$ V	579.44 $\mu$ V
7	13 $\mu$ V	892 $\mu$ V	879 $\mu$ V	559.12 $\mu$ V
8	8 $\mu$ V	142 $\mu$ V	134 $\mu$ V	29.00 $\mu$ V
9	148 $\mu$ V	840 $\mu$ V	702 $\mu$ V	515.17 $\mu$ V
10	4 $\mu$ V	998 $\mu$ V	994 $\mu$ V	99.08 $\mu$ V
MEDIA	103.6 $\mu$ V	823.4 $\mu$ V	719.8 $\mu$ V	425.608 $\mu$ V

Tab. 92: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

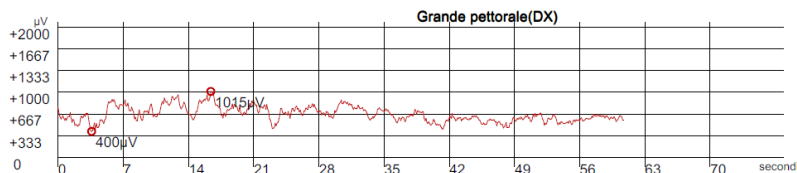


Fig. 60: Esempio di registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Pettorale nella quarta valutazione post operatoria.

### MUSCOLO GRAN PETTORALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 750.8 µV (min. 615 µV – max. 952 µV).

Spike medio: 886.2 µV (min. 615 µV – max. 952 µV).

Voltaggio minimo: 135.4 µV (min. 9 µV – max. 400 µV).

Voltaggio medio: 495.054 µV (min. 259.40 µV – max. 661.87 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	10 µV	962 µV	952 µV	518.86 µV
2	9 µV	699 µV	690 µV	259.40 µV
3	34 µV	869 µV	835 µV	503.15 µV
4	224 µV	886 µV	662 µV	531.99 µV
5	400 µV	1015 µV	615 µV	661.87 µV
MEDIA	135.4 µV	886.2 µV	750.8 µV	495.054 µV

Tab. 93: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### MUSCOLO GRAN PETTORALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Pettorale in tale gruppo i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 688.8 µV (min. 134 µV – max. 994 µV).

Spike medio: 760.6 µV (min. 142 µV – max. 998 µV).

Voltaggio minimo: 71.8 µV (min. 4 µV – max. 186 µV).

Voltaggio medio: 356.162  $\mu\text{V}$  (min. 99.08  $\mu\text{V}$  – max. 579.44  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	186 $\mu\text{V}$	921 $\mu\text{V}$	735 $\mu\text{V}$	579.44 $\mu\text{V}$
2	13 $\mu\text{V}$	892 $\mu\text{V}$	879 $\mu\text{V}$	559.12 $\mu\text{V}$
3	8 $\mu\text{V}$	142 $\mu\text{V}$	134	29.00 $\mu\text{V}$
4	148 $\mu\text{V}$	840 $\mu\text{V}$	702 $\mu\text{V}$	515.17 $\mu\text{V}$
5	4 $\mu\text{V}$	998 $\mu\text{V}$	994 $\mu\text{V}$	99.08 $\mu\text{V}$
MEDIA	71.8 $\mu\text{V}$	760.6 $\mu\text{V}$	688.8 $\mu\text{V}$	356.162 $\mu\text{V}$

Tab. 94: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza ed il voltaggio medio del muscolo Gran Pettorale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

### MUSCOLO GRAN DORSALE

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 774  $\mu\text{V}$  (min. 164  $\mu\text{V}$  – max. 996  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 810  $\mu\text{V}$  (min. 330  $\mu\text{V}$  – max. 1009  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 36  $\mu\text{V}$  (min. 8  $\mu\text{V}$  – max. 166  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 330.236  $\mu\text{V}$  (min. 188.98  $\mu\text{V}$  – max. 478.52  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	12 $\mu\text{V}$	920 $\mu\text{V}$	908 $\mu\text{V}$	373.40 $\mu\text{V}$
2	11 $\mu\text{V}$	801 $\mu\text{V}$	790 $\mu\text{V}$	336.31 $\mu\text{V}$
3	8 $\mu\text{V}$	893 $\mu\text{V}$	885 $\mu\text{V}$	349.55 $\mu\text{V}$
4	10 $\mu\text{V}$	852 $\mu\text{V}$	842 $\mu\text{V}$	322.23 $\mu\text{V}$
5	54 $\mu\text{V}$	789 $\mu\text{V}$	735 $\mu\text{V}$	352.52 $\mu\text{V}$
6	11 $\mu\text{V}$	841 $\mu\text{V}$	830 $\mu\text{V}$	277.74 $\mu\text{V}$
7	9 $\mu\text{V}$	799 $\mu\text{V}$	770 $\mu\text{V}$	188.98 $\mu\text{V}$
8	166 $\mu\text{V}$	330 $\mu\text{V}$	164 $\mu\text{V}$	239.29 $\mu\text{V}$
9	13 $\mu\text{V}$	1009 $\mu\text{V}$	996 $\mu\text{V}$	383.82 $\mu\text{V}$
10	66 $\mu\text{V}$	886 $\mu\text{V}$	820 $\mu\text{V}$	478.52 $\mu\text{V}$
MEDIA	36 $\mu\text{V}$	810 $\mu\text{V}$	774 $\mu\text{V}$	330.236 $\mu\text{V}$

Tab. 95: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

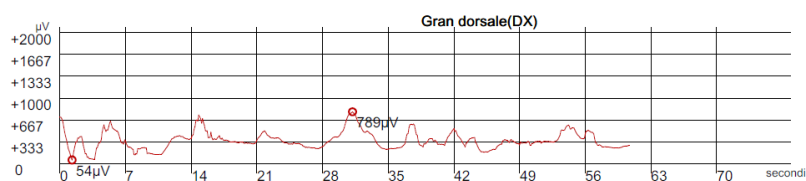


Fig. 61: Esempio di una registrazione EMG di superficie del muscolo Gran Dorsale nella quarta valutazione post operatoria.

### EMGS DEL MUSCOLO GRAN DORSALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 837 µV (min. 735 µV – max. 908 µV).

Spike medio: 851 µV (min. 735 µV – max. 920 µV).

Voltaggio minimo: 19 µV (min. 8 µV – max. 54 µV).

Voltaggio medio: 346.802 µV (min. 322.23 µV – max. 373.40 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	12 µV	920 µV	908 µV	373.40 µV
2	11 µV	801 µV	790 µV	336.31 µV
3	8 µV	893 µV	885 µV	349.55 µV
4	10 µV	852 µV	842 µV	322.23 µV
5	54 µV	789 µV	735 µV	352.52 µV
MEDIA	19 µV	851 µV	837 µV	346.802 µV

Tab. 96: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione con “biofeedback”, delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO GRAN DORSALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Gran Dorsale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 716 µV (min. 164 µV – max. 996 µV).

Spike medio: 769 µV (min. 330 µV – max. 1009 µV).

Voltaggio minimo: 53 µV (min. 9 µV – max. 166 µV).

Voltaggio medio: 313.69 µV (min. 188.98 µV – max. 478.52 µV).

PAZIENTI	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
----------	------------------	-------------------	--------------------	-----------------

1	11 $\mu\text{V}$	841 $\mu\text{V}$	830 $\mu\text{V}$	277.74 $\mu\text{V}$
2	9 $\mu\text{V}$	799 $\mu\text{V}$	770 $\mu\text{V}$	188.98 $\mu\text{V}$
3	166 $\mu\text{V}$	330 $\mu\text{V}$	164 $\mu\text{V}$	239.29 $\mu\text{V}$
4	13 $\mu\text{V}$	1009 $\mu\text{V}$	996 $\mu\text{V}$	383.82 $\mu\text{V}$
5	66 $\mu\text{V}$	886 $\mu\text{V}$	820 $\mu\text{V}$	478.52 $\mu\text{V}$
MEDIA	53 $\mu\text{V}$	769 $\mu\text{V}$	716 $\mu\text{V}$	313.69 $\mu\text{V}$

Tab. 97: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Gran Dorsale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 825.9  $\mu\text{V}$  (min. 948  $\mu\text{V}$  – max. 540  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 860.2  $\mu\text{V}$  (min. 546  $\mu\text{V}$  – max. 1002  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 34.3  $\mu\text{V}$  (min. 6  $\mu\text{V}$  – max. 54  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 375.752  $\mu\text{V}$  (min. 56.59  $\mu\text{V}$  – max. 556.67  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	45 $\mu\text{V}$	862 $\mu\text{V}$	817 $\mu\text{V}$	556.67 $\mu\text{V}$
2	54 $\mu\text{V}$	1002 $\mu\text{V}$	948 $\mu\text{V}$	555.39 $\mu\text{V}$
3	7 $\mu\text{V}$	924 $\mu\text{V}$	917 $\mu\text{V}$	349.12 $\mu\text{V}$
4	18 $\mu\text{V}$	863 $\mu\text{V}$	845 $\mu\text{V}$	320.35 $\mu\text{V}$
5	30 $\mu\text{V}$	811 $\mu\text{V}$	781 $\mu\text{V}$	253.57 $\mu\text{V}$
6	28 $\mu\text{V}$	780 $\mu\text{V}$	752 $\mu\text{V}$	397.64 $\mu\text{V}$
7	12 $\mu\text{V}$	954 $\mu\text{V}$	942 $\mu\text{V}$	433.80 $\mu\text{V}$
8	48 $\mu\text{V}$	901 $\mu\text{V}$	853 $\mu\text{V}$	423.37 $\mu\text{V}$
9	95 $\mu\text{V}$	959 $\mu\text{V}$	864 $\mu\text{V}$	411.02 $\mu\text{V}$
10	6 $\mu\text{V}$	546 $\mu\text{V}$	540 $\mu\text{V}$	56.59 $\mu\text{V}$
MEDIA	34.3 $\mu\text{V}$	860.2 $\mu\text{V}$	825.9 $\mu\text{V}$	375.752 $\mu\text{V}$

Tab. 98: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.



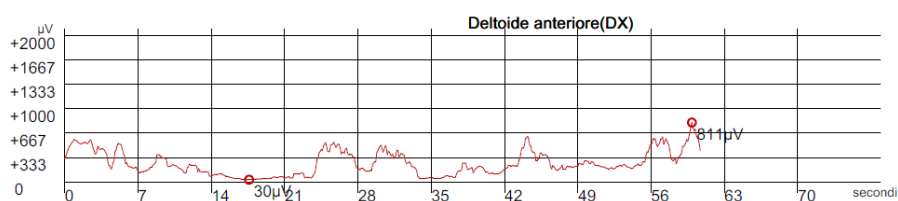


Fig. 62: Esempio di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Anteriore nella quarta valutazione post operatoria.

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 861.6  $\mu\text{V}$  (min. 781  $\mu\text{V}$  – max. 948  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 892.4  $\mu\text{V}$  (min. 811  $\mu\text{V}$  – max. 1002  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 30.8  $\mu\text{V}$  (min. 7  $\mu\text{V}$  – max. 54  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 407.02  $\mu\text{V}$  (min. 253.57  $\mu\text{V}$  – max. 556.67  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	45 $\mu\text{V}$	862 $\mu\text{V}$	817 $\mu\text{V}$	556.67 $\mu\text{V}$
2	54 $\mu\text{V}$	1002 $\mu\text{V}$	948 $\mu\text{V}$	555.39 $\mu\text{V}$
3	7 $\mu\text{V}$	924 $\mu\text{V}$	917 $\mu\text{V}$	349.12 $\mu\text{V}$
4	18 $\mu\text{V}$	863 $\mu\text{V}$	845 $\mu\text{V}$	320.35 $\mu\text{V}$
5	30 $\mu\text{V}$	811 $\mu\text{V}$	781 $\mu\text{V}$	253.57 $\mu\text{V}$
MEDIA	30.8 $\mu\text{V}$	892.4 $\mu\text{V}$	861.6 $\mu\text{V}$	407.02 $\mu\text{V}$

Tab. 99: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 790.2  $\mu\text{V}$  (min. 540  $\mu\text{V}$  – max. 942  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 828  $\mu\text{V}$  (min. 546  $\mu\text{V}$  – max. 959  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 37.8  $\mu\text{V}$  (min. 6  $\mu\text{V}$  – max. 95  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 344.484  $\mu\text{V}$  (min. 56.59  $\mu\text{V}$  – max. 433.80  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE ANT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	28 $\mu\text{V}$	780 $\mu\text{V}$	752 $\mu\text{V}$	397.64 $\mu\text{V}$
2	12 $\mu\text{V}$	954 $\mu\text{V}$	942 $\mu\text{V}$	433.80 $\mu\text{V}$
3	48 $\mu\text{V}$	901 $\mu\text{V}$	853 $\mu\text{V}$	423.37 $\mu\text{V}$
4	95 $\mu\text{V}$	959 $\mu\text{V}$	864 $\mu\text{V}$	411.02 $\mu\text{V}$
5	6 $\mu\text{V}$	546 $\mu\text{V}$	540 $\mu\text{V}$	56.59 $\mu\text{V}$
MEDIA	37.8 $\mu\text{V}$	828 $\mu\text{V}$	790.2 $\mu\text{V}$	344.484 $\mu\text{V}$

Tab. 100: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Anteriore dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione con "biofeedback", delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### MUSCOLO DELTOIDE LATERALE

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 865.6  $\mu\text{V}$  (min. 586  $\mu\text{V}$  – max. 1054  $\mu\text{V}$ ).

Spike medio: 941.3  $\mu\text{V}$  (min. 1064  $\mu\text{V}$  – max. 807  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio minimo: 75.7  $\mu\text{V}$  (min. 7  $\mu\text{V}$  – max. 299  $\mu\text{V}$ ).

Voltaggio medio: 434.427  $\mu\text{V}$  (min. 78.69  $\mu\text{V}$  – max. 651.65  $\mu\text{V}$ ).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	10 $\mu\text{V}$	877 $\mu\text{V}$	867 $\mu\text{V}$	396.11 $\mu\text{V}$
2	10 $\mu\text{V}$	1064 $\mu\text{V}$	1054 $\mu\text{V}$	340.75 $\mu\text{V}$
3	7 $\mu\text{V}$	940 $\mu\text{V}$	933 $\mu\text{V}$	484.59 $\mu\text{V}$
4	12 $\mu\text{V}$	1016 $\mu\text{V}$	1004 $\mu\text{V}$	645.60 $\mu\text{V}$
5	46 $\mu\text{V}$	990 $\mu\text{V}$	944 $\mu\text{V}$	388.61 $\mu\text{V}$
6	240 $\mu\text{V}$	904 $\mu\text{V}$	664 $\mu\text{V}$	577.29 $\mu\text{V}$
7	299 $\mu\text{V}$	885 $\mu\text{V}$	586 $\mu\text{V}$	651.65 $\mu\text{V}$
8	45 $\mu\text{V}$	807 $\mu\text{V}$	762 $\mu\text{V}$	158.89 $\mu\text{V}$
9	77 $\mu\text{V}$	949 $\mu\text{V}$	872 $\mu\text{V}$	622.09 $\mu\text{V}$
10	11 $\mu\text{V}$	881 $\mu\text{V}$	870 $\mu\text{V}$	78.69 $\mu\text{V}$
MEDIA	75.7 $\mu\text{V}$	941.3 $\mu\text{V}$	865.6 $\mu\text{V}$	434.427 $\mu\text{V}$

Tab. 101: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

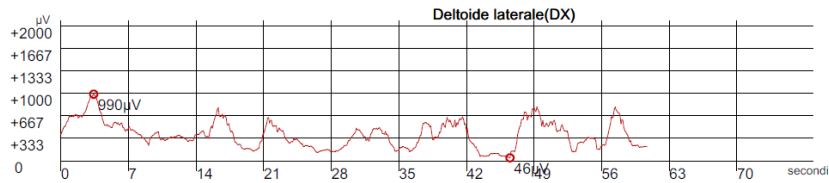


Fig. 63: Esempio di registrazioni EMG di superficie del muscolo Deltoide Laterale nella quarta valutazione post operatoria di un pazienti.

### MUSCOLO DELTOIDE LATERALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide Laterale i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 980.4 µV (min. 867 µV – max. 1054 µV).

Spike medio: 997.4 µV (min. 877 µV – max. 1064 µV).

Voltaggio minimo: 17 µV (min. 7 µV – max. 46 µV).

Voltaggio medio: 451.132 µV (min. 340.75 µV – max. 645.60 µV).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
1	10 µV	877 µV	867 µV	396.11 µV
2	10 µV	1064 µV	1054 µV	340.75 µV
3	7 µV	940 µV	933 µV	484.59 µV
4	12 µV	1016 µV	1004 µV	645.60 µV
5	46 µV	990 µV	944 µV	388.61 µV
MEDIA	17 µV	997.4 µV	980.4 µV	451.132 µV

Tab. 102: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell’ampiezza e del voltaggio medio, del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti delle registrazioni dell’EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

### MUSCOLO DELTOIDE LATERALE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”

Per quanto riguarda il muscolo Deltoide anteriore i valori medi ottenuti sono:

Ampiezza media: 750.8 µV (min. 586 µV – max. 872 µV).

Spike medio: 885.2 µV (min. 807 µV – max. 949 µV).

Voltaggio minimo: 134.4 µV (min. 11 µV – max. 299 µV).

Voltaggio medio: 417.722 µV (min. 78.69 µV – max. 651.65 µV).

PAZIENTI – MUSCOLO DELTOIDE LAT.	VOLTAGGIO MINIMO	VOLTAGGIO MASSIMO	AMPIEZZA VOLTAGGIO	VOLTAGGIO MEDIO
----------------------------------	------------------	-------------------	--------------------	-----------------

1	240 $\mu\text{V}$	904 $\mu\text{V}$	664 $\mu\text{V}$	577.29 $\mu\text{V}$
2	299 $\mu\text{V}$	885 $\mu\text{V}$	586 $\mu\text{V}$	651.65 $\mu\text{V}$
3	45 $\mu\text{V}$	807 $\mu\text{V}$	762 $\mu\text{V}$	158.89 $\mu\text{V}$
4	77 $\mu\text{V}$	949 $\mu\text{V}$	872 $\mu\text{V}$	622.09 $\mu\text{V}$
5	11 $\mu\text{V}$	881 $\mu\text{V}$	870 $\mu\text{V}$	78.69 $\mu\text{V}$
MEDIA	134.4 $\mu\text{V}$	885.2 $\mu\text{V}$	750.8 $\mu\text{V}$	417.722 $\mu\text{V}$

Tab. 103: In tabella sono riportati i valori dei voltaggi minimi, massimi, dell'ampiezza e del voltaggio medio del muscolo Deltoide Laterale dei singoli pazienti sottoposti ad una riabilitazione con "standard", delle registrazioni dell'EMG di superficie e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi, in blu (ultima riga) i valori medi.

#### BRITISH MEDICAL RESEARCH COUNCIL SCALE

10 pazienti su 10, in questa fase presentano un British Medical Research Council scale di:

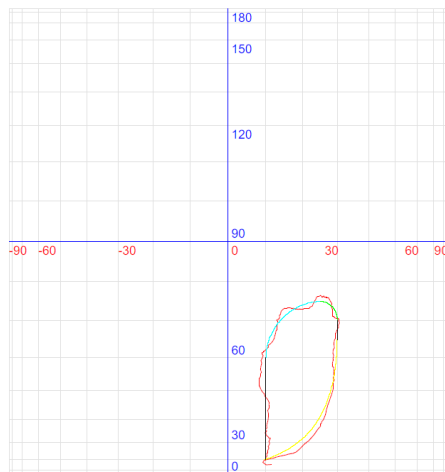
- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

#### QUARTA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA' PROPIOCETTIVA

Valutazione propioceettiva: 1.268° (max. 1.35°; min. 1.17°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.2°
2	1.2°
3	1.28°
4	1.17°
5	1.19°
6	1.29°
7	1.33°
8	1.29°
9	1.38°
10	1.35°
MEDIA	1.268°

Tab. 104: In tabella i risultati dell'abilità propioceettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.



Indice stabilità: 1.28°  
Punti di dolore:

Fig. 64: Esempio di valutazione propriocettiva: la prova consiste nel far seguire al paziente attraverso il braccio robotico motorizzato, la traiettoria proposta sullo schermo: maggiormente si discosta dalla traiettoria proposta, peggiore è la performance e di conseguenza maggiore sarà il risultato numerico.

**QUARTA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA’ PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA “RIABILITAZIONE NEUROMOTORIA PERSONALIZZATA”**

Valutazione propriocettiva: 1.208° (min. 1.17°; max. 1.28°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.2°
2	1.2°
3	1.28°
4	1.17°
5	1.19°
MEDIA	1.208°

Tab. 105: In tabella i risultati dell’abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

**QUARTA VALUTAZIONE POST – OPERATORIA ABILITA’ PROPIOCETTIVA IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UNA RIABILITAZIONE “STANDARD”**

Valutazione propriocettiva: 1.328° (min. 1.29°; max. 1.35°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	1.29°

2	1.33°
3	1.29°
4	1.38°
5	1.35°
MEDIA	1.268°

Tab. 106: In tabella i risultati dell'abilità propriocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.

### VALUTAZIONE SPALLA LATO SANO DEI SOGGETTI INSERITI NELLO STUDIO

In questa fase è stato valutato il R.O.M. (Range Of Movement) in tutti i piani dello spazio, è stata valutata l'elettromiografia di superficie e l'abilità propriocettiva in tutti e 10 i pazienti inseriti nello studio.

È stata eseguita:

- una valutazione in elevazione anteposizione in verticale;
- una valutazione in flessione estensione orizzontale;
- una valutazione dell'intra- e dell'extra-rotazione,
- una elettromiografia di superficie (sEMG);
- una valutazione propriocettiva.

### VALUTAZIONE LATO SANO DELLA ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE IN VERTICALE DELLA SPALLA

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio: 162.42 gradi (max. 166.6 gradi; min. 158.2 gradi).
- Valore di elevazione massima (in abduzione) medio: +176.96 gradi (max. +179.6 gradi; min. +175.5 gradi).
- Valore di minima elevazione (in adduzione) medio: +14.54 gradi (max. +17.8 gradi; min. +11.3 gradi).

PAZIENTI	MAX ELEVAZIONE	MIN. ELEVAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+175.9°	+17.7°	158.2°
2	+177.2°	+17.8°	159.4°
3	+179.6°	+13.3°	166.3°
4	+174.6°	+14.9°	159.7°
5	+176.4°	+13.6°	162.8°
6	+177.9°	+11.3°	166.6°
7	+178.5°	+15.6°	162.9°
8	+175.5°	+12.8°	162.7°
9	+177.7°	+16.3°	161.4°
10	+176.3°	+12.1°	164.2°

VALORI MEDI	+176.96°	+14.54°	162.42°
-------------	----------	---------	---------

Tab. 107: In tabella sono riportati i valori (massimi e minimi) dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di elevazione-anteposizione, del range of movement (ROM) e dei rispettivi valori medi (in blu). In rosso sono stati evidenziati i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

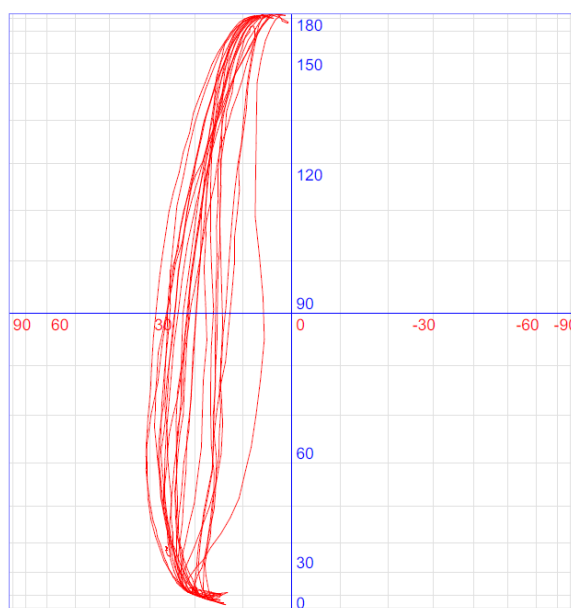


Fig. 65: Esempio di elevazione anteposizione verticale sinistra lato sano in un soggetto inserito nello studio.

Tempo Da sec. 0 A sec. 70

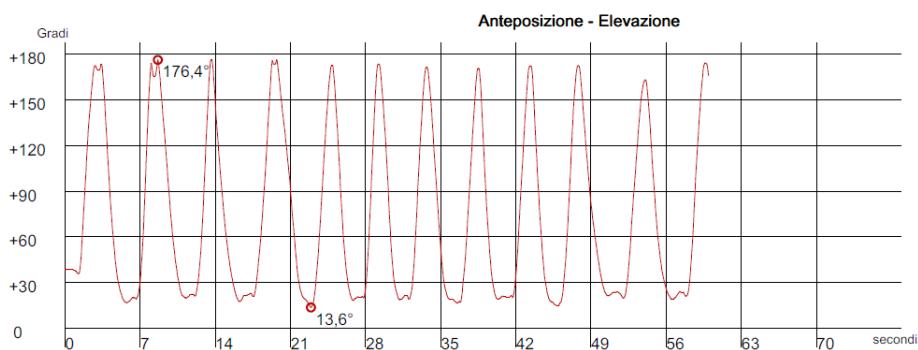


Fig. 66: Esempio di elevazione - anteposizione verticale lato sano di un soggetto inserito nello studio. Nell'asse delle ordinate i gradi di elevazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

#### VALUTAZIONE LATO SANO DELLA FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE DELLA SPALLA

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio della flessione estensione orizzontale: 149.18 gradi (max. 169.5 gradi; min. 140.2 gradi).
- Valore massimo di flessione estensione orizzontale in abduzione medio: +89.41 gradi (max. +89.8 gradi; min. 89 gradi).
- Valore di minima flessione estensione orizzontale in adduzione medio: -59.77 gradi (max. -80.2 gradi; min. -50.5 gradi).

PAZIENTI	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
1	+89.2°	-66.1°	155.3°
2	+89.1°	-57.1°	146.2°
3	+89.5°	-62°	151.5°
4	+89.3°	-80.2°	169.5°
5	+89.2°	-60°	149.2°
6	+89°	-59.7°	148.7°
7	+89.7°	-57°	146.7°
8	+89.6°	-51.9°	141.5°
9	+89.7°	-50.5°	140.2°
10	+89.8°	-53.2°	143°
VALORI MEDI	+89.41°	-57.77°	149.18°

Tab. 108: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni del movimento di flessione estensione orizzontale (massimi e minimi), arco di movimento (ROM) e dei rispettivi valori medi. In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati, in verde i valori più bassi.



Tempo Da sec. 0 A sec. 70

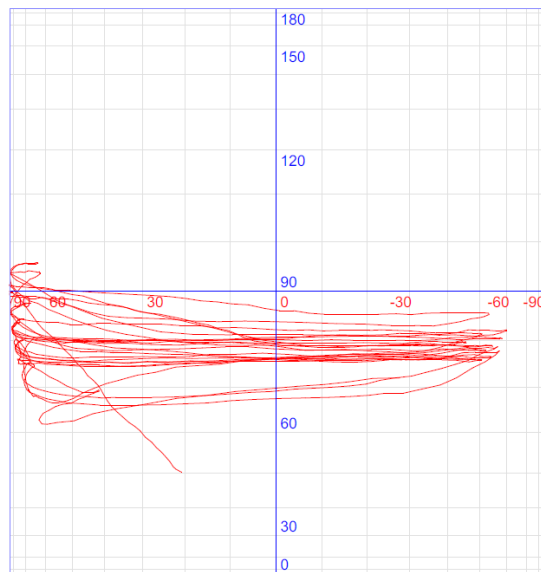


Fig. 67: Esempio di flesso estensione orizzontale lato sano di un soggetto inserito nello studio. Lato analizzato: sinistro.

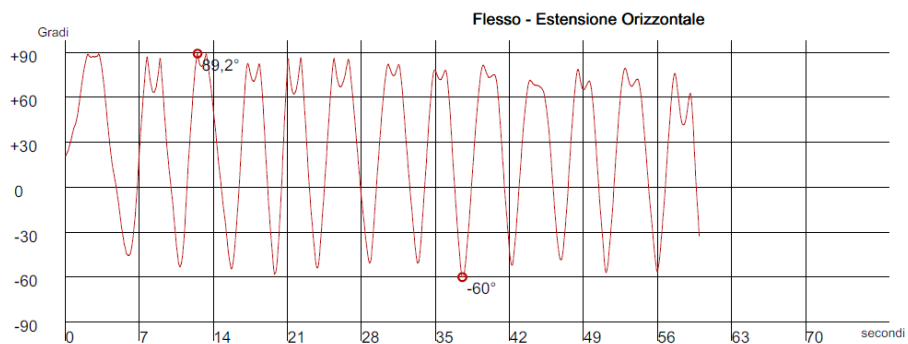


Fig. 68: Esempio di registrazione del movimento di flesso estensione orizzontale. Nell'asse delle ordinate i gradi di flesso estensione orizzontali: in negativo sotto lo "0" i gradi di adduzione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in abduzione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

#### VALUTAZIONE LATO SANO DELL'INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE DELLA SPALLA DEI SOGGETTI INSERITI NEL PROTOCOLLO DI RICERCA

Valori registrati:

- Arco di movimento (ROM) medio del movimento di intra- ed extra-rotazione della spalla: 116.76 gradi (max. 124.8 gradi; min. 79.3 gradi).

- Valore massimo di extra-rotazione medio: +47.01 gradi (max. +52.3 gradi; min. +38.3 gradi).
- Valore massimo di intra-rotazione medio: -69.75 gradi (max. -80.1 gradi; min. -53 gradi).
- Velocità angolare media: 36.37 °/sec. (max. 46.5 °/sec.; min. 27.4°/sec.).
- Numero di obiettivi centrati: 1.9/19 (max.13/19; min. 10/19).

PAZIENTI	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI RAGGIUNTI
1	+47°	-63°	110°	32.9 °/sec.	11/19
2	+44.3°	-53°	97.3°	27.4 °/sec.	10/19
3	+38.5°	-76.6°	115.1°	38.2 °/sec.	11/19
4	+54.3°	-65.1°	119.4°	33.7 °/sec.	12/19
5	+38.3°	-80.1°	118.4°	31.6 °/sec.	12/19
6	+50.4°	-71°	121.4°	36.2 °/sec.	13/19
7	+44.8°	-72.3°	117.1°	40.1 °/sec.	12/19
8	+52.3°	-71°	123.3°	46.5 °/sec.	13/19
9	+49.8°	-71°	120.8°	37.1 °/sec.	12/19
10	+50.4°	-74.4°	124.8°	40.0 °/sec.	13/19
VALORE MEDIO	+47.01°	-69.75°	116.76°	36.37 °/sec.	11.9/19

Tab. 109: In tabella sono riportati i valori dei singoli pazienti delle registrazioni di extra (in positivo "+") ed intra-rotazione (in negativo "-"), del ROM, della velocità angolare media (VAM), degli obiettivi raggiunti, e dei rispettivi valori medi (in blu, nell'ultima riga). In rosso i valori più elevati che sono stati riscontrati nei singoli soggetti, in verde i valori più bassi.

Ventaglio

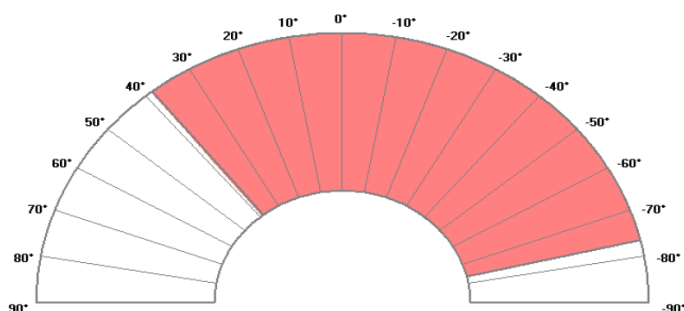


Fig. 69: Esempio di una registrazione dell' intra e dell' extrarotazione. La porzione di ventaglio evidenziata in rosa, indica il ROM eseguito dal paziente. I gradi numerati in negativo a partire dallo 0 (nella metà destra della figura) indicano l'intra-rotazione, mentre i gradi numerati in

positivo nella metà sinistra della figura indicano l'extra-rotazione. In questo caso l'arto esaminato è il sinistro.

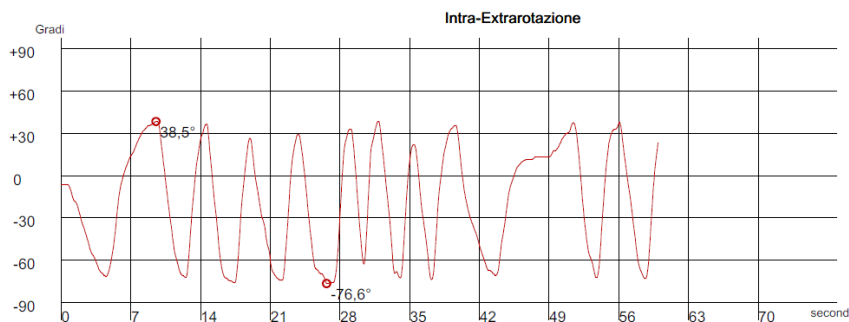


Fig. 70: Esempio di registrazione del movimento intra- ed extra-rotazione. Nell'asse delle ordinate i gradi di intra- ed extra-rotazione: in negativo sotto lo "0" i gradi di intra-rotazione, in positivo sopra lo "0" i gradi raggiunti dal paziente in extra-rotazione; nell'asse delle ascisse il tempo trascorso durante la registrazione.

#### British Medical Research Council scale

10 pazienti su 10, in questa lato presentano un British Medical Research Council scale di:

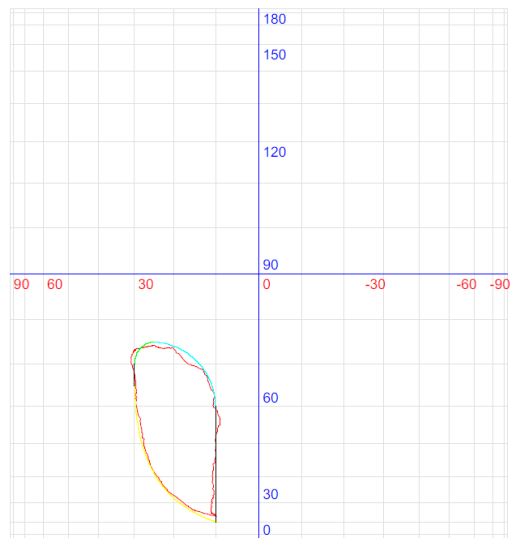
- Forza=4: presenza di movimento che oppone resistenza ma vinto dalla forza dell'esaminatore.

#### VALUTAZIONE LATO "SANO" ABILITA' PROPIOCETTIVA

Valutazione propiocettiva: 0.709° (max. 0.75°; min. 0.59°).

PAZIENTI:	RISULTATI:
1	0.75°
2	0.71°
3	0.83°
4	0.59°
5	0.72°
6	0.68°
7	0.73°
8	0.68°
9	0.71°
10	0.69°
<b>MEDIA</b>	<b>0.709°</b>

Tab. 110: In tabella i risultati dell'abilità propiocettiva dei pazienti: in rosso il valore più elevato, in verde il più basso e in blu (ultima riga) la media.



Indice stabilità: 0,71°  
Punti di dolore:

Fig. 71: Esempio di valutazione propiocettiva: la prova consiste nel far seguire al paziente attraverso il braccio robotico motorizzato, la traiettoria proposta sullo schermo: maggiormente si discosta dalla traiettoria proposta, peggiore è la performance e di conseguenza maggiore sarà il risultato numerico.

## ***DICUSSIONE E CONCLUSIONE STUDIO N. 1***

I risultati suggeriscono un notevole recupero della funzionalità della spalla in caso di impianto di una arthro-protesi inversa di spalla se si confrontano i risultati acquisiti prima dell'impianto della protesi (pazienti con pseudoparalisi da lesione massiva della cuffia dei rotatori) rispetto alle valutazioni post operatorie, subito dopo l'impianto della protesi, già dalla prima valutazione.

Andando ad analizzare nel dettaglio i dati si nota che già alla prima valutazione post operatoria si ha un incremento del ROM in elevazione-anteposizione di 53.95°, rispetto alla valutazione pre-operatoria dei pazienti affetti da pseudoparalisi di spalla da lesione massiva della cuffia dei rotatori.

Inoltre si ha un incremento del ROM di circa 10° ad ogni successiva valutazione post operatoria dopo la prima, fino ad arrivare dopo un anno dall'inizio del percorso riabilitativo di circa 140° (conto i circa 160° del lato sano).

<b>ROM IN ELEVAZIONE ANTEPOSIZIONE</b>	<b>MAX ELEVAZIONE</b>	<b>MIN. ELEVAZIONE</b>	<b>ARCO DI MOVIMENTO (ROM)</b>
VALORI MEDI VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA	+97.27°	+41.36°	<b>55.91°</b>
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+145.43°	+35.57°	<b>109.86°</b>
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+149.62°	+29.67°	<b>119.95°</b>
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+156.12°	+27.29°	<b>128.83°</b>
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+164.22°	+24.85°	<b>139.37°</b>
VALORI MEDI LATO SANO	+176.96°	+14.54°	<b>162.42°</b>

Tab. 111: Nella tabella sono riportati i valori medi della elevazione-anteposizione nei vari momenti valutativi della elevazione anteposizione. Nella prima colonna sono riportati i valori medi della massima elevazione, nella seconda colonna i valori medi della minima elevazione, mentre nell'ultima colonna a destra i dati dell'arco di movimento (dato più rilevante).

L'elevazione massima in abduzione risulta essere il movimento più critico in soggetti con lesione massiva della cuffia, e con protesi inversa, in quanto è un movimento eseguito contro gravità in soggetti che non possono contare sull'ausilio del muscolo Sopraspinoso nell'elevazione. I dati suggeriscono un outcome in massima elevazione molto performante in soggetti con un impianto di RSA, infatti la massima elevazione risulta essere di 164.22° contro i 176.96° del lato sano e

soprattutto contro i 97.27° della registrazione pre-operatoria , con un incremento di 66.65° tra la registrazione pre- ed il post-operatoria.

Anche nel movimento di flesso estensione orizzontale si ha un notevole incremento dell'arco di movimento, se si confrontano i dati delle misurazioni pre-operatorie, rispetto alle misurazioni post-intervento. Infatti si ha un incremento di 51.29° da prima a dopo l'impianto di una RSA (con un guadagno di più del 100%).

Inoltre si ha un incremento del ROM nella flesso estensione orizzontale nelle valutazioni successive alla prima costante e graduale (anche se di minor rilievo tra i 6 mesi ed un anno), fino ad arrivare a 121.09° dopo un anno e 20 giorni dall'intervento di RSA (VS 149.18° del lato sano). In questo movimento il maggior guadagno si ottiene entro i primi 6 mesi dall'inizio del percorso riabilitativo, con un guadagno esiguo dai 6 mesi ad un anno (solo di 1.22°). Questo sta ad indicare che i maggiori guadagni sul ROM si possono attendere nei primi 6 mesi, con un lieve incremento trascorso questo tempo.

ROM IN FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ABDUZIONE	FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE IN MASSIMA ADDUZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)
VALORI MEDI VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA	+36.99°	-3.82°	<b>40.81°</b>
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+70.14°	-21.96°	<b>92.1°</b>
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+75.79°	-30.12°	<b>105.97°</b>
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+80.37°	-39.25°	<b>119.87°</b>
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+81.91°	-39.18°	<b>121.09°</b>
VALORI MEDI LATO SANO	+89.41°	-57.77°	<b>149.18°</b>

Tab. 112: In tabella sono riportati i valori medi dei pazienti delle registrazioni del movimento di flesso estensione orizzontale (massima abduzione e massima adduzione: II e III colonna) e dell'arco di movimento (IV colonna a destra).

Per quanto concerne il movimento di intra ed extra-rotazione, si ha un guadagno di circa 10 gradi dell'arco di movimento dopo l'impianto di una RSA (51.67 VS 60.41). Rispetto agli altri parametri

del ROM valutati (elevazione, flessione estensione orizzontale), il movimento di intra ed extra-rotazione, è quello che meno ha beneficiato dell'impianto protesico.

Il guadagno si ha anche per gli altri parametri presi in considerazione nel movimento di intra ed extra-rotazione, cioè della velocità angolare media e degli obiettivi raggiunti durante l'esecuzione della prova. Si ha inoltre un incremento costante di tutti i parametri analizzati nelle valutazioni successive alla prima, con un guadagno graduale fino ad arrivare ad un ROM di 93.63° (VS 116.76 del lato sano). Il movimento di intra ed extra-rotazione è uno dei movimenti più critici nei pazienti protesizzati con una protesi inversa. Vi è ad esempio un dibattito in atto circa la necessità in sede operatoria di suturare o meno il tendine del muscolo sottoscapolare. Infatti alcuni operatori ritengono che questa sia una manovra inopportuna in quanto la sutura limita l'extra-rotazione, a discapito della stabilità dell'impianto e della forza in intra-rotazione. In base ai dati ottenuti in questo studio, nel quale tutti i pazienti sono stati sottoposti in sede operatoria a sutura del tendine del sottoscapolare, il valore massimo in extra-rotazione risulta essere accettabile, soprattutto se in fase post-operatoria i pazienti sono sottoposti ad un percorso di recupero articolare incentrato anche sul far guadagnare il range in extra-rotazione.

ROM IN INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE	INCLINAZIONE MASSIMA (EXTRA-ROTAZIONE)	INCLINAZIONE MINIMA (INTRA-ROTAZIONE)	ARCO DI MOVIMENTO (ROM)	VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)	OBIETTIVI RAGGIUNTI DURANTE LA PROVA
VALORI MEDI VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA	+14.65°	-37.02°	<b>51.67°</b>	12.92 °/sec.	5.2/19
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+17.29°	-43.12°	<b>60.41°</b>	14.71 °/sec.	6.3/19
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+27.31°	-44.34°	<b>71.65°</b>	18.97 °/sec.	7.2/19
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+24.52°	-54.46°	<b>78.98°</b>	18.47 °/sec.	8/19
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	+35.89°	-57.74°	<b>93.63°</b>	30.98 °/sec.	9.4/19
VALORI MEDI LATO SANO	+47.01°	-69.75°	<b>116.76°</b>	36.37 °/sec.	11.9/19



Tab. 113: In tabella sono riportati i valori medi di extra (in positivo “+” seconda colonna) ed intra-rotazione (in negativo “-” terza colonna), del ROM (quarta colonna), della velocità angolare media (VAM quinta colonna), degli obiettivi raggiunti (ultima colonna a destra), nelle varie fasi valutative, da quella pre-operatoria (seconda riga) all’ultima valutazione post operatoria (penultima riga) al lato sano (ultima riga).

Analizzando i dati del ROM nel loro insieme, si ha un incremento dei valori fino all’ultima valutazione che avviene ad un anno di distanza dall’inizio del percorso di recupero articolare, in quasi tutti i parametri valutati, con un guadagno dell’arco di movimento.

<b>ARCO DI MOVIMENTO (ROM)</b>	<b>ROM IN ELEVAZIONE ANTEPOSIZIONE</b>	<b>ROM IN FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE</b>	<b>ROM IN INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE</b>	<b>VELOCITA' ANGOLARE MEDIA (VA)</b>	<b>OBIETTIVI RAGGIUNTI DURANTE LA PROVA</b>
VALORI MEDI VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA	<b>55.91°</b>	<b>40.81°</b>	<b>51.67°</b>	12.92 °/sec.	5.2/19
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	<b>109.86°</b>	<b>92.1°</b>	<b>60.41°</b>	14.71 °/sec.	6.3/19
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	<b>119.95°</b>	<b>105.97°</b>	<b>71.65°</b>	18.97 °/sec.	7.2/19
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST OPERATORIA	<b>128.83°</b>	<b>119.87°</b>	<b>78.98°</b>	18.47 °/sec.	8/19
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	<b>139.37°</b>	<b>121.09°</b>	<b>93.63°</b>	30.98 °/sec.	9.4/19
VALORI MEDI LATO SANO	<b>162.42°</b>	<b>149.18°</b>	<b>116.76°</b>	36.37 °/sec.	11.9/19

Tab. 114: In tabella sono riportati i valori medi del ROM nelle varie fasi valutative: dalla prima valutazione pre operatoria (seconda riga) alle valutazioni post-operatorie (dalla terza riga alla penultima), e del lato sano (ultima riga). Nelle seconda colonna i dati dell’elevazione-anteposizione; nella terza i valori in flessione estensione orizzontale nella quarta i dati dell’intra ed extra-rotazione.

Il recupero funzionale si ha anche dell’apparato muscolare peri-articolare, e segue lo stesso andamento del ROM, infatti si ha un incremento del voltaggio medio dei muscoli analizzati con l’EMG di superficie. L’incremento maggiore del reclutamento delle fibre muscolari si ha

soprattutto nei primi 6 mesi, con un aumento del voltaggio che si registra anche dopo un anno dall'inizio del percorso di recupero funzionale, anche se in maniera meno incisiva.

I dati suggeriscono uno scarso reclutamento muscolare prima dell'intervento chirurgico, che riflette uno scarso uso articolare a causa del dolore e della pseudoparalisi indotta da una limitazione biomeccanica dovuta alla lesione massiva della cuffia dei rotatori.

VOLTAGGIO MEDIO	VOLTAGGIO MEDIO MUSCOLO GRAN PETTORALE	VOLTAGGIO MEDIO MUSCOLO GRAN DORSALE	VOLTAGGIO MEDIO MUSCOLO DELTOIDE ANTERIORE	VOLTAGGIO MEDIO MUSCOLO DELTOIDE LATERALE
VALUTAZIONE PRE-OPERATORIA	50.275 $\mu$ V	38.89 $\mu$ V	157.893 $\mu$ V	43.927 $\mu$ V
PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	47.2 $\mu$ V	153.247 $\mu$ V	108.806 $\mu$ V	125.672 $\mu$ V
SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	96.786 $\mu$ V	165.717 $\mu$ V	128.225 $\mu$ V	149.037 $\mu$ V
TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	283.302 $\mu$ V	308.507 $\mu$ V	304.078 $\mu$ V	422.847 $\mu$ V
QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	425.608 $\mu$ V	330.236 $\mu$ V	375.752 $\mu$ V	434.427 $\mu$ V

Tab. 115: Nella tabella sono evidenziati i valori di voltaggio medio registrato attraverso una EMGs nei pazienti, dalla fase pre-operatoria a quella post-operatoria. I muscoli analizzati sono il muscolo Gran Pettorale (seconda colonna dalla sinistra) il Gran Dorsale (terza colonna), il deltoide anteriore (quarta colonna) e il Deltoide Laterale (ultima colonna a destra). Da notare il costante incremento del voltaggio medio dalla valutazione pre-operatoria, alla quarta valutazione post-operatoria.

In base ai dati ottenuti vi è un recupero della funzionalità articolare graduale, ma progressivo e costante con un guadagno di tutti i parametri analizzati in tutte le valutazioni, (questo avviene sia nei pazienti sottoposti ad una riabilitazione neuromotoria personalizzata che nei pazienti con protocollo riabilitativo standard, sebbene vi siano lievi differenze con vantaggio per i primi).

Il guadagno dei parametri valutati si è visto sino all'ultima valutazione, ad un anno dall'inizio del percorso riabilitativo, e quindi un anno e 20 giorni dall'intervento chirurgico di RSA.

Occorre comunque sottolineare che il progressivo recupero dell'articolari  avviene soprattutto nella prima fase del percorso riabilitativo per poi essere meno incisivo fino a completare il percorso valutativo previsto della durata di 12 mesi dopo l'impianto della protesi.

Per quanto riguarda l'abilit  propiocettiva i dati ottenuti suggeriscono che vi   un guadagno costante, fino all'ultima valutazione dopo un anno e 20 giorni dall'intervento di impianto di RSA

(contrariamente a quanto avviene per il ROM, che si ha nei primi mesi), anche se non si raggiungono i risultati ottenuti con il lato sano. Questo risulta essere in accordo con quanto ipotizzato con la seconda parte della ricerca, cioè che la protesi inversa si comporta come un fattore perturbativo permanente, impedendo di raggiungere a livello di abilità propriocettiva, le performance ottenute dal lato sano.

Nella valutazione pre-operatoria questo tipo di prova è stata volutamente saltata, in quanto la maggior parte dei pazienti non era in grado di completare la prova, a causa del dolore o per l'impossibilità a seguire l'arco di movimento proposto per l'impedimento dovuto alla patologia.

ABILITA' PROPIOCETTIVA	MEDIE DEI RISULTATI
1° VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	1.615°
2° VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	1.543°
3° VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	1.322°
4° VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	1.268°
LATO SANO	0.709°

Tab. 116: Nella tabella sono riportate le medie dei risultati dell'abilità propriocettiva nelle varie valutazioni post-operatorie e nel lato sano.

### **LA PROTESI DI SPALLA INVERSA COME FATTORE PERTURBATIVO PERMANENTE DEL SNC**

Vari fattori concorrono a rendere la protesi inversa un fattore perturbativo permanente.

L'articolazione scapolo-omerale è un'enartrosi, cioè un'articolazione mobile, le cui superfici articolari sono costituite da due forme sferiche: una concava ed una convessa che si articolano tra loro.

Le enartrosi consentono un'ampia libertà di movimento, in tutti i piani dello spazio, e permettono di effettuare i movimenti di rotazione, flessione, estensione, adduzione e abduzione.

Tipici esempi, nel corpo umano, sono le articolazioni della spalla (articolazione scapolo-omerale) e dell'anca.

Per consentire una più ampia escursione articolare a livello della giunzione scapolo-omerale, la cavità glenoidea è piccola e poco profonda, al contrario dell'acetabolo. La sua superficie articolare è poco più di ¼ rispetto al corrispettivo sulla testa omerale, ed il raggio di curvatura è maggiore di quello della testa. Quindi il vincolo osseo è minimo e la stabilità articolare è assicurata dalle strutture capsulo-legamentose peri-articolari, soprattutto dalla cuffia dei rotatori.

I legamenti dell'articolazione gleno-omerale inoltre sono normalmente poco tesi. La capsula è inoltre lassa in modo da poter contenere 2 teste omerali, per contribuire ad aumentare il ROM.

Queste strutture legamentose peri-articolari consentono di ottenere molte informazioni propriocettive afferenti a livello centrale, utili nel controllo della spalla a livello somato-motorio.

In caso di pseudoparalisi della spalla da lesione massiva della cuffia dei rotatori, tali strutture risultano essere compromesse, inoltre per consentire l'impianto protesico di RSA, tali strutture vengono ulteriormente aggredite e sacrificate.

Quindi in caso di intervento di RSA le informazioni afferenti propriocettive centrali vengono ad essere ridotte.

Inoltre a livello dell'articolazione scapolo-omerale, distinguiamo muscoli di movimento e muscoli di stabilizzazione; la necessità di questa diversa funzione è facilmente comprensibile se si considera che la scapolo-omerale è continuamente sottoposta a forze distraenti.

I muscoli di stabilizzazione possono essere distinti in continui, complementari e occasionali.

L'unico stabilizzatore continuo è rappresentato dal muscolo sopraspinato che deve essere considerato l'unico muscolo capace di realizzare questa azione, in qualsiasi posizione dell'arto superiore.

In caso di una lesione massiva della cuffia dei rotatori con assenza del sopraspinoso, la funzione stabilizzatrice della cuffia viene meno, e trova in questi casi l'indicazione all'impianto di una protesi inversa.

La protesi inversa mantiene una superficie concava ed una convessa, e questo consente una grande libertà di movimento che associata alla costante assenza del muscolo sopraspinoso espone l'articolazione gleno-omerale a notevoli forze distraenti, incrementata dall'assenza delle strutture peri-articolari.

Basta pensare a quanto sia difficile mantenere in equilibrio contro gravità un bastoncino cilindrico con una estremità lievemente concava che si articola su una sfera tenuta in mano, e quanto questo impegni le nostre abilità motorie e propriocettive. Qualsiasi minimo movimento può essere considerato come un elemento distraente che ci obbliga a apportare una correzione per mantenere in equilibrio il cilindro.

Allo stesso modo nella spalla, il deltoide deve costantemente correggersi per far centrare al centro della gleno-sfera la coppetta dello stelo durante una abduzione calibrata dell'arto.

Nella protesi inversa per ovviare alla mancanza della cuffia dei rotatori, soprattutto il sopraspinoso, come stabilizzatore dell'articolazione gleno-omerale, si aumenta il vincolo tra la gleno-sfera e lo stelo omerale, equilibrando così il rapporto e portandolo vicino a 1 (piuttosto che 1 a 4 come nella spalla sana).

Questo contribuisce parzialmente a ridurre le forze distraenti che intervengono a livello articolare soprattutto nei movimenti di abduzione attiva dell'arto superiore. Al contempo l'assenza del

sopraspinoso e delle strutture capsulari periprotetiche (sacrificate per permettere l'impianto della protesi) contribuiscono ad implementare la suscettibilità della spalla sottoposta alle forze distraenti durante l'esecuzione dell'arco di movimento. Inoltre ad aggravare questo equilibrio precario c'è anche la mancanza delle informazioni propriocettive fornite al SNC all'assenza totale del sopraspinoso. Da qui si comprende l'importanza di ri-suturare il sottoscapolare, il quale oltre che a contribuire all'esecuzione dell'intra-rotazione, aiuta anche a fornire al SNC informazioni propriocettive per modulare meglio il movimento.

In questo nuovo assetto anatomico e funzionale il muscolo deltoide si trova a dover supplire all'assenza del sopraspinoso acquisendo nuove funzioni. Infatti in una spalla "sana", il muscolo deltoide ha una funzione soprattutto "quantitativa", in quanto ha la funzione principale nell'elevazione dell'arto superiore (e non di stabilizzatore), e non modula il movimento (funzione assegnata alla cuffia dei rotatori). In caso di impianto di RSA, vista l'assenza della funzione stabilizzatrice del sopraspinoso durante l'elevazione, il deltoide deve anche modulare il movimento, costringendo il SNC a continue correzioni durante, ad esempio un movimento di elevazioni-abduzione fine per eseguire una traiettoria e raggiungere un obiettivo. Quindi il deltoide oltre alla funzione "quantitativa" durante il movimento, in caso di impianto di una RSA ha anche una funzione "qualitativa" nel movimento dovendo calibrare e modulare l'arto per seguire una certa traiettoria.

Questo conduce ad uno stato perturbativo permanente durante l'esecuzione del ROM articolare il SNC, costringendolo ad un lavoro importante durante qualsiasi movimento dell'arto per stabilizzare e modulare l'articolazione gleno-omerale attraverso una contrazione modulare del deltoide.

Infine c'è anche una alterazione della biomeccanica articolare. Infatti l'impianto protesico determina una medializzazione del fulcro (inteso come centro di rotazione) articolare gleno-omerale, rispetto alla normale anatomia della spalla. Alcuni chirurghi infatti per ovviare a questo inconveniente, aggiungono degli "augmentation" per lateralizzare la gleno-sfera, in modo da rispecchiare la normale meccanica articolare.

A tale fine potrebbe essere utile verificare con una f-RMN se una RSA con gleno - sfera eccentrica aiuta a implementare la plasticità centrale, facendo dei confronti con i dati ottenuti con le protesi inverse concentriche.

Quindi i motivi che conducono a rappresentare un protesi inversa di spalla un fattore perturbativo permanente sono:

- Assenza delle strutture muscolo-tendinee peri-articolari, a causa della lesione massiva della cuffia dei rotatori, e del loro sacrificio per consentire l'impianto di una protesi

inversa, con minori informazioni propriocettive afferenti a livello del SNC provenienti da tali strutture.

- Assenza di strutture stabilizzatrici come il muscolo del sopraspinoso, con maggiore instabilità articolare e minor controllo durante l'elevazione dopo l'impianto protesico.
- Il muscolo deltoide, che normalmente è principale motore soprattutto in elevazione-abduzione (funzione "quantitativa"), dopo l'impianto protesico acquisisce la funzione di controllo articolare modulando il movimento in senso "qualitativo" per gestire l'arto nell'inseguire una traiettoria, determinando uno sforzo a livello del SNC per consentire continue correzioni per seguire una traiettoria senza errori.
- Medializzazione del centro di rotazione gleno-omerale determinato dall'impianto protesico che contribuisce all'alterazione della normale biomeccanica articolare.

Percorso riabilitativo "standard" VS percorso "riabilitativo neuromotorio personalizzato".

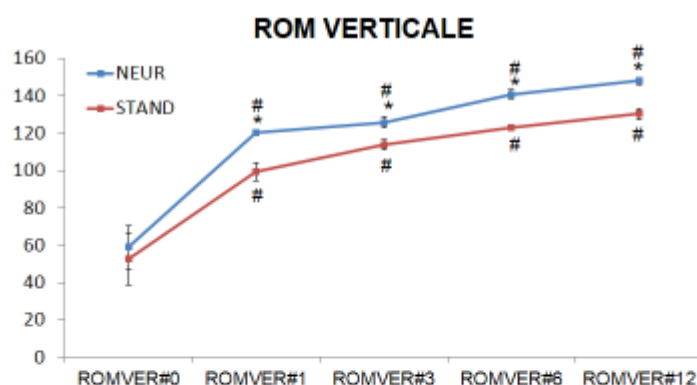
Confrontando i due tipi di percorso di recupero funzionale, emerge che effettivamente una «riabilitazione Neuromotoria personalizzata» risulta essere più efficace per il recupero funzionale dopo un impianto di RSA.

Questo emerge da tutti i parametri analizzati. Un vantaggio del recupero funzionale con l'ausilio del "biofeedback" si ha nell'ROM in elevazione. I dati infatti suggeriscono, già dalla prima valutazione post intervento (un mese dall'inizio del percorso di recupero) una differenza di circa 20° a vantaggio del percorso di recupero con "biofeedback". Tale vantaggio si protrae per tutto il percorso di recupero fino ad un anno, anche se meno incisivo (soprattutto alla terza valutazione, con un vantaggio di 6°).

ROM IN ELEVAZIONE-ANTEPOSIZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM) PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIOFEEDBACK"	ARCO DI MOVIMENTO (ROM) PERCORSO RIABILITATIVO "STANDARD"
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	120.42°	99.3°
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	125.12°	113.98°
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	128.83°	122.64°
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	148.24°	130.5°

Tab. 117 : confronto tra i valori medi del ROM in elevazione anteposizione tra una percorso di recupero funzionale neuromotorio (colonna centrale), ed un percorso di recupero funzionale

“standard”(colonna a destra). I dati suggeriscono un netto vantaggio in elevazione del percorso riabilitativo con “biofeedback”.



# Differenza statisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) valutazioni post operatorie VS valutazione pre operatoria (T0).

\* Differenza statisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) tra un percorso di recupero neuromotorio VS un percorso di recupero standard.

STATISTICA PER CONFRONTO ALL'INTERNO DEL GRUPPO, RIPSETTO AL T0: Friedman Test. C'è una differenza statisticamente significativa tra la valutazione pre operatoria (T0) e tutte le valutazioni post operatorie in entrambe i percorsi di recupero funzionale,  $\chi^2(2) = 7,600$ ,  $p = 0,022$ . Test di analisi post hoc con Wilcoxon è stato condotto con una correzione di Bonferroni

STATISTICA PER CONFRONTO DEI DUE GRUPPI DI RECUPERO FUNZIONALE: Kruskal-Wallis Test

Fig. 72: Confronto tra i due percorsi di recupero funzionale. Nell'asse delle ordinate i gradi di elevazione, nell'asse delle ascisse le varie valutazioni previste dal protocollo. In blu i risultati del percorso di recupero con “biofeedback”, in rosso il percorso “standard”.

Dall'analisi statistica dei dati emerge che vi è una differenza significativa tra la valutazione pre operatoria e tutte le valutazioni post-operatorie, a partire dalla prima valutazione post operatoria (ad un mese dall'inizio del percorso riabilitativo) con un guadagno in termini di gradi dell'arco di movimento. Questo indica che in entrambe i gruppi l'intervento di artroprotesi inversa ha sortito un guadagno funzionale significativo in entrambe i due gruppi di pazienti inseriti nei due percorsi di recupero funzionale.

Inoltre è scaturito che vi è una differenza statisticamente significativa tra una riabilitazione neuromotoria rispetto ad una riabilitazione standard, con un vantaggio che risulta essere significativo già dalla prima valutazione post operatoria fino ad oltre un anno dall'intervento di artroprotesi.

Come già ricordato il movimento di elevazione-anteposizione, è quello più critico in pazienti con RSA, ed una riabilitazione incentrata sull'implementare le informazioni propriocettive afferenti a livello del SNC (sia attraverso un biofeedback visivo, che sensoriale con l'ausilio dell'EMGs), risulta

essere più vantaggiosa di un percorso riabilitativo standard (che non prevede l'ausilio di tali presidi).

Questo vantaggio della riabilitazione con "biofeedback", è stato anche dimostrato dalla massima elevazione raggiunta, con un guadagno di circa 10°, che si mantiene anche dopo 1 anno dall'inizio del percorso di recupero funzionale (vedi tabella sotto).

ELEVAZIONE- ANTEPOSIZIONE	MASSIMA ELEVAZIONE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UN PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIOFEEDBACK"	MASSIMA ELEVAZIONE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UN PERCORSO RIABILITATIVO "SATNDARD"	MINIMA ELEVAZIONE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UN PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIOFEEDBACK"	MINIMA ELEVAZIONE IN PAZIENTI SOTTOPOSTI AD UN PERCORSO RIABILITATIVO "SATNDARD"
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	+152.74°	+138.12°	+32.32°	+38.82°
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	+153.12°	+146.12°	+27.2°	+32.14°
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	+160.86°	+151.38°	+25.84°	+28.74°
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	+170.5°	+157.94°	+22.26°	+27.44°

Tab. 118: Confronto tra i valori medi della massima e minima elevazione anteposizione tra una percorso di recupero funzionale neuromotorio, ed un percorso di recupero funzionale "standard". I dati suggeriscono un outcome migliore del percorso riabilitativo con "biofeedback".

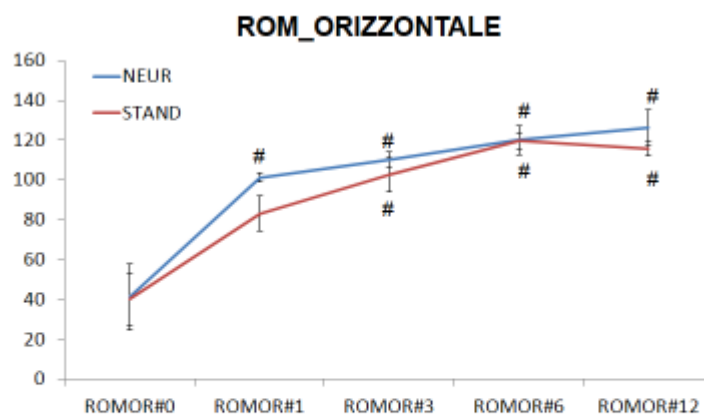
Per quanto riguarda il movimento di flesso estensione orizzontale il vantaggio della riabilitazione con "biofeedback" è relativo, infatti il guadagno che potrebbe essere presente (anche se statisticamente non significativo) nelle prime fasi, con il tempo risulta essere meno incisivo, fino a ridursi ad un vantaggio irrisorio alla terza valutazione (con un guadagno inferiore ad un grado).

ROM IN FLESSO ESTENSIONE ORIZZONTALE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM) PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIOFEEDBACK"	ARCO DI MOVIMENTO (ROM) PERCORSO RIABILITATIVO "STANDARD"
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	101.14°	83.08°
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	109.32°	102.62°
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST- OPERATORIA	120.04°	119.7°



VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	126.32°	115.86°
--	---------	---------

Tab. 119: Confronto tra i due percorsi riabilitativi della flessione-estensione orizzontale nelle varie valutazioni post-operatorie. Nella colonna centrale i risultati medi del ROM in orizzontale di una riabilitazione con “biofeedback”, nella colonna a destra i risultati di una riabilitazione “standard”.



# Differenza statisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) tra valutazioni post operatorie VS valutazione pre operatoria (T0).

Fig. 73: Il grafico dimostra il confronto tra i due percorsi di recupero funzionale nel ROM in orizzontale. Nell’asse delle ordinate i gradi di flessione estensione orizzontale, nell’asse delle ascisse le varie valutazioni previste dal protocollo. In blu i risultati del percorso di recupero con “biofeedback”, in rosso il percorso “standard”.

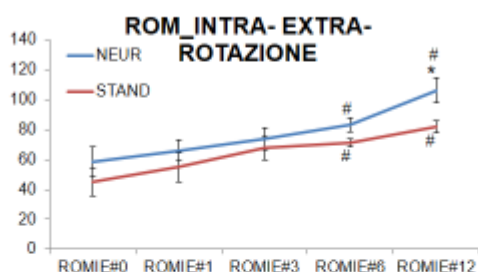
Per quanto concerne il ROM in orizzontale dall’analisi statistica emerge che non vi è una differenza statisticamente significativa tra i due tipi di percorsi di recupero funzionale. Sempre dall’analisi statistica dei risultati c’è una differenza significativa tra le valutazioni pre-operatorie e tutte le valutazioni post-operatorie a partire dalla prima valutazione post-operatoria, per quanto riguarda il percorso riabilitativo con biofeedback. Mentre la differenza del ROM in orizzontale nella prima valutazione dei pazienti inseriti nel percorso di recupero “standard” non risulta avere una differenza statisticamente significativa rispetto alle valutazioni pre-operatorie. Questo indica comunque un vantaggio del percorso con “biofeedback”, in quanto dimostra una maggior efficacia soprattutto in una prima fase del percorso di recupero, dimostrata dal fatto che vi è già della prima valutazione post-operatoria una differenza statisticamente significativa rispetto al pre

operatorio, cosa non dimostrata nel percorso “standard”. Mentre risulta essere presente una differenza statisticamente significativa tra le valutazioni pre operatorie e le valutazioni eseguite a 3, 6 e 12 mesi dall’intervento anche nel percorso di recupero “standard”. Questo comunque indica che l’intervento di artroprotesi ha sortito un vantaggio statisticamente significativo in tutti i pazienti, indipendentemente dal tipo di riabilitazione seguito, per quello che concerne il ROM. Anche per i parametri analizzati per il movimento di intra- ed extra-rotazione si ha un vantaggio in un tipo di riabilitazione con “biofeedback” rispetto ad un percorso di recupero “standard”, con un guadagno di circa 10° dell’arco di movimento già dopo un mese dall’inizio del percorso riabilitativo. Un vantaggio si ha anche sulla velocità media angolare dove una riabilitazione incentrata sul recupero con “biofeedback” presenta un “outcome” migliore anche dopo un anno dall’inizio del percorso di recupero funzionale. In caso di impianto di una protesi inversa che si comporta come un fattore perturbativo permanente per il SNC, implementare con un “biofeedback” visivo e propriocettivo (grazie all’EMGs) le afferenze centrali, risulta essere una formula vincente per far riapprendere precocemente e meglio al paziente nuovi schemi motori per l’esecuzione di un movimento. La velocità media di esecuzione di un movimento risulta essere uno dei parametri maggiormente penalizzati in caso di presenza di un fattore perturbativo per eseguire un compito motorio. Quindi un “biofeedback” visivo e sensitivo (con l’EMGs) riesce in parte a supplire l’assenza di afferenze propriocettive provenienti dal muscolo sopraspinoso, e dalle strutture capsulari e peri-protesiche danneggiate dalla patologia di base o sacrificate per permettere l’impianto di una RSA, permettendo un “outcome” migliore. Inoltre un “biofeedback” risulta essere vantaggioso anche per far acquisire una maggior abilità al muscolo deltoide nella rapidità di esecuzione di un movimento

INTRA ED EXTRA-ROTAZIONE	ARCO DI MOVIMENTO (ROM) PERCORSO RIABILITATIVO CON “BIOFEEDBACK”	ARCO DI MOVIMENTO (ROM) PERCORSO RIABILITATIVO “STANDARD”	VELOCITA’ ANGOLARE MEDIA (VA) PERCORSO RIABILITATIVO CON “BIOFEEDBACK”	VELOCITA’ ANGOLARE MEDIA (VA) PERCORSO RIABILITATIVO “STANDARD”	OBIETTIVI RAGGIUNTI PERCORSO RIABILITATIVO CON “BIOFEEDBACK”	OBIETTIVI RAGGIUNTI PERCORSO RIABILITATIVO “STANDARD”
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	65.96°	54.86°	18.56 °/sec.	10.86 °/sec.	6.2/19	6.4/19
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	75.74°	67.56°	20.38 °/sec.	17.56 °/sec.	7.4/19	7/19
VALORI MEDI	84.88°	73.08°	18.88 °/sec.	18.06 °/sec.	8.4/19	7.6/19

TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA						
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	103.24°	84.02°	36.78 °/sec.	25.18 °/sec.	10.8/19	8/19

Tab. 120: Confronto tra i due percorsi riabilitativi dei vari parametri analizzati nel movimento di intra ed extra-rotazione.



# Differenza statisticamente significativa (P<0,05) valutazioni post operatorie VS valutazione pre operatoria (T0).

\* Differenza statisticamente significativa (P<0,05) tra un percorso di recupero neuromotorio VS un percorso di recupero standard.

Fig. 74: Il grafico dimostra il confronto tra i due percorsi di recupero funzionale nel ROM in in intra- ed extra-rotazione. Nell'asse delle ordinate i gradi dell'arco di movimento in intra ed extrarotazione, nell'asse delle ascisse le varie valutazioni nel tempo previste dal protocollo (a 1, 3, 6, 12 mesi dall'inizio del percorso di recupero funzionale). In blu i risultati del percorso di recupero con "biofeedback", in rosso il percorso "standard".

Dall'analisi statistica emerge che c'è una differenza statisticamente significativa tra i due tipi di riabilitazione proposti all'ultima valutazione prevista, cioè ad un anno e 20 giorni dall'intervento. Inoltre c'è una differenza statisticamente significativa tra la valutazione pre-operatoria e la terza e quarta valutazione post-operatoria. Questo indica un notevole beneficio circa il ROM in intra- ed extra-rotazione, apportato dall'impianto di una RSA dai sei mesi dall'intervento e che perdura anche dopo un anno.

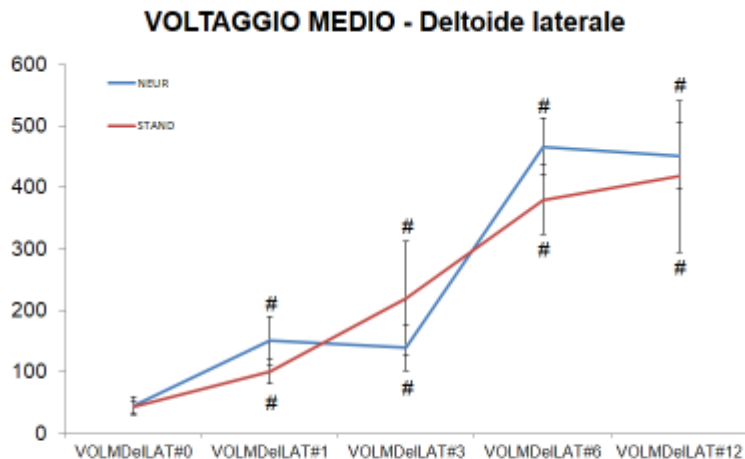
Vi è anche una differenza circa il recupero dell'attività muscolare tra i due tipi di percorso di recupero, con un "outcome" migliore per il percorso con il "biofeedback" rispetto ad un percorso standardizzato. Questo sta ad indicare che l'uso di una EMG di superficie sortisce dei vantaggi nel recupero della funzionalità muscolare, con un migliore reclutamento delle fibre muscolari coinvolte nel movimento della spalla.

Andando a confrontare i due tipi di percorso di recupero funzionale, emerge che l'uso dell'EMGs a scopo riabilitativo consente di ottenere una maggiore entità dell'attivazione di un muscolo durante un movimento; infatti il voltaggio medio e l'ampiezza media che forniscono indicazioni riguardo all'attività globale di un muscolo o gruppo muscolare, indicano una migliore performance nei pazienti sottoposti a questo percorso di alcuni dei 4 muscoli analizzati: muscolo Gran Pettorale, muscolo Gran Dorsale, muscolo Deltoide (porzione anteriore e laterale). Come atteso risultati significativi in entrambe i percorsi riabilitativi si hanno anche con il muscolo Deltoide, con le sue porzioni "anteriore" e "laterale", in quanto dopo l'impianto di una protesi inversa risulta essere il principale "motore" nei movimenti di elevazione, abduzione dell'arto superiore. Inoltre è il muscolo che maggiormente risente in modo negativo della pseudoparalisi della spalla da lesione massiva, in quanto ogni sua contrazione determina la risalita della testa omerale che va ad incarcerarsi nello spazio sotto-acromiale causando dolore (quindi prima dell'intervento di RSA risulta essere un muscolo poco reclutato). Un vantaggio a favore del recupero con "biofeedback" risulta comunque essere presente in tutte le fasi e con quasi tutti i muscoli analizzati (vedi schema riassuntivo sotto del voltaggio medio).

Durante il percorso di recupero funzionale, informare il paziente del grado di contrazione o di rilassamento di un suo muscolo o gruppo muscolare, risulta essere comunque un ausilio per evitare di utilizzare in maniera errata altri gruppi muscolari ausiliari per compiere dei movimenti (per compensare una ipotrofia da non uso, venutasi a creare a seguito della pseudoparalisi, o a seguito della immobilità post-intervento), ed evitare di reiterare nel tempo degli errori di reclutamento muscolare che potrebbero favorire il consolidarsi di schemi motori centrali sbagliati (poi difficilmente correggibili). Infatti nel caso di contrazione volontaria, il numero di motoneuroni attivati e la loro frequenza di scarica sono controllati dal sistema nervoso centrale. Avere un "biofeedback" in tale senso si è dimostrato essere di molto ausilio per un corretto recupero muscolare.

VOLTAGGIO MEDIO	GRAN PETTORALE PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIO-FEEDBACK"	GRAN PETTORALE PERCORSO RIABILITATIVO CON "STANDARD"	GRAN DORSALE PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIO-FEEDBACK"	GRAN DORSALE PERCORSO RIABILITATIVO CON "STANDARD"	DELTOIDE "ANTERIORE" PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIO-FEEDBACK"	DELTOIDE "ANTEIORE" PERCORSO RIABILITATIVO CON "STANDARD"	DELTOIDE "LATERALE" PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIO-FEEDBACK"	DELTOIDE "LATERALE" PERCORSO RIABILITATIVO CON "STANDARD"
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	43.118 $\mu\text{V}$	51.282 $\mu\text{V}$	251.58 $\mu\text{V}$	54.914 $\mu\text{V}$	150.158 $\mu\text{V}$	67.454 $\mu\text{V}$	151.506 $\mu\text{V}$	99.838 $\mu\text{V}$
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	120.176 $\mu\text{V}$	73.396 $\mu\text{V}$	202.02 $\mu\text{V}$	127.482 $\mu\text{V}$	164.296 $\mu\text{V}$	92.154 $\mu\text{V}$	139.316 $\mu\text{V}$	158.758 $\mu\text{V}$
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	290.368 $\mu\text{V}$	276.236 $\mu\text{V}$	338.84 $\mu\text{V}$	278.174 $\mu\text{V}$	352.28 $\mu\text{V}$	255.876 $\mu\text{V}$	465.874 $\mu\text{V}$	379.82 $\mu\text{V}$
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	495.054 $\mu\text{V}$	356.162 $\mu\text{V}$	346.802 $\mu\text{V}$	313.69 $\mu\text{V}$	407.02 $\mu\text{V}$	344.484 $\mu\text{V}$	451.132 $\mu\text{V}$	417.722 $\mu\text{V}$

Tab. 121: Confronto dei voltaggi medi delle EMGs dei muscoli analizzati tra i due percorsi di recupero funzionale messi a confronto.



# Differenza statisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) valutazioni post operatorie VS valutazione pre operatoria (T0).

Fig. 75: Il grafico dimostra il confronto tra i due percorsi di recupero funzionale nel voltaggio medio del muscolo deltoide laterale. Nell'asse delle ordinate il voltaggio medio del muscolo deltoide laterale, nell'asse delle ascisse le varie valutazioni nel tempo previste dal protocollo (a 1, 3, 6, 12 mesi dall'inizio del percorso di recupero funzionale). In blu i risultati del percorso di recupero con "biofeedback", in rosso il percorso "standard".

Dall'analisi statistica emerge che non vi è una differenza statisticamente significativa tra i due percorsi di recupero funzionale per quanto riguarda il muscolo deltoide laterale, mentre vi è per entrambe i tipi di percorso una differenza statisticamente significativa tra la valutazione pre operatoria e tutte le valutazioni post-operatorie. Questo indica che vi è comunque un recupero notevole del muscolo deltoide laterale dopo l'impianto di una protesi inversa. Infatti questo muscolo, come già spiegato sopra, risulta essere poco reclutato prima dell'intervento, mentre risulta essere il principale motore dopo l'impianto di una RSA soprattutto nei movimenti di elevazione, arteposizione del braccio.

Anche l'abilità propriocettiva risulta essere più performante nei pazienti che hanno seguito una percorso di recupero "neuromotorio personalizzato".

Infatti questo parametro è quello che, a livello teorico maggiormente dovrebbe risentire dei vantaggi di un "biofeedback" visivo e propriocettivo sul corretto reclutamento dei gruppi muscolari, in quanto la valutazione mette alla prova tutte le abilità del soggetto: dalla precisione, alla rapidità di esecuzione nel raggiungimento di un obiettivo. Un percorso di recupero che ha

l'ambizione di implementare le informazioni centrali al fine di far acquisire più rapidamente, in modo corretto e migliore nuovi schemi motori, dovrebbe esprimersi al meglio in una prove che prevede di adoperare tutte le abilità acquisite.

ABILITA' PROPIOCETTIVA	PERCORSO RIABILITATIVO CON "BIO-FEEDBACK"	PERCORSO RIABILITATIVO "STANDARD"
VALORI MEDI PRIMA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	1.6°	1.692°
VALORI MEDI SECONDA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	1.462°	1.59°
VALORI MEDI TERZA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	1.268°	1.376°
VALORI MEDI QUARTA VALUTAZIONE POST-OPERATORIA	1.208°	1.268°

Tab. 122: Confronto tra i 2 percorsi di recupero funzionale riguardo l'abilità propriocettiva. La prova consiste nel far seguire al paziente attraverso il braccio robotico motorizzato, una traiettoria proposta sullo schermo: maggiormente si discosta dalla traiettoria proposta, peggiore è la performance e di conseguenza maggiore sarà il risultato numerico.

Come si può notare dai valori sopra riportati, c'è una progressione costante nel migliorare i risultati della prova, in entrambe i percorsi, fino ad un anno dall'inizio del percorso di recupero funzionale. Questo sta ad indicare che anche a livello propriocettivo, ci si possono attendere dei miglioramenti anche dopo un anno di distanza dall'intervento chirurgico.

Per quanto riguarda i questionari della valutazione self-reported somministrati ai pazienti si evidenzia un miglioramento notevole dello stato di salute generale percepito dopo un intervento di RSA, in entrambe i gruppi inseriti nello studio, senza una notevole differenza tra i due. Emerge inoltre che la limitazione funzionale biomeccanica indotta dalla pseudoparalisi di spalla da lesione massiva della cuffia dei rotatori, si ripercuote anche sul livello di salute mentale percepito dai pazienti. Infatti una volta operati, si assiste ad un miglioramento della salute mentale con un "outcome" che va a sovrapporsi a soggetti di pari età senza limitazioni funzionali.

## ***INTRODUZIONE STUDIO N. 2***



L'impianto di una protesi di spalla inversa (RSA) è una procedura ormai ben consolidata per far fronte a numerose e diverse patologie che compromettono l'integrità anatomica e la funzionalità articolare della spalla, quali la pseudoparalisi causata da un danno massivo della cuffia dei rotatori, artropatia da danno della cuffia (omoartrosi eccentrica), artrosi scapolo-omeroale avanzata ed invalidante della spalla, fratture multiple scomposte a più frammenti della testa omerale, fallimento di protesi anatomiche, patologie neoplastiche (Smith et al 2012).

La protesi inversa nasce da un'idea originale di Paul Grammont, di fronte alla condizione che si viene a creare quando la cuffia dei rotatori perde la sua funzione e il deltoide al contempo amplifica la sua: la testa omerale viene infatti traslata verso l'alto dal vettore di forza del deltoide, perdendo così il suo centro di rotazione fisiologico (che dovrebbe essere al centro della cavità glenoideale), con conseguente fulcro meccanico della testa omerale spostato sull'acromion. Condizione non solo invalidante il movimento ma spesso alquanto dolorosa. Come riuscire a non vanificare l'azione dell'unico muscolo in grado di elevare il braccio, cioè il deltoide? Invertendo la geometria delle superfici articolari coinvolte trasformando la concavità glenoideale in una sfera e la sfericità omerale in una concavità, si poteva realizzare una condizione biomeccanica favorevole al fine di ripristinare un centro di rotazione valido per l'azione del deltoide (Gutierrez et al 2009).

Una protesi inversa di spalla quindi, determina dei cambiamenti della biomeccanica della spalla, dell'effetto della contrazione muscolare, e delle informazioni sensoriali propriocettive afferenti, mai osservate in precedenza con altri tipi di protesi, e richiede una ricalibrazione sensoriale e nuove sinergie muscolari per il controllo spalla.

La RSA è stata studiata in quasi tutti i suoi aspetti, tuttavia, nonostante la grande quantità di studi clinici e di biomeccanica, (Berliner et al 2015; Postacchini et al 2015), di tecniche chirurgiche e di riabilitazione presenti in letteratura, finora, nessuno studio ha analizzato in maniera diretta il ruolo il sistema nervoso centrale (CNS) nel controllo della spalla in seguito all'intervento RSA.

La registrazione della attivazione del CNS durante il movimento volontario della spalla dopo l'impianto di una RSA rappresenta una condizione interessante da studiare, poiché potrebbe evidenziare modelli di attivazione del CNS inaspettati a causa della complessità e della novità del compito motorio e sensoriale per il sistema di controllo centrale.

Il paziente infatti deve re-imparare a muovere efficacemente l'articolazione, attraverso una nuova condizione in cui le superfici articolari risultano invertite e si hanno inoltre variazioni della posizione del fulcro e dello snodo articolare che determinano delle condizioni di vincolo, mai sperimentati prima; inoltre i muscoli producono nuovi effetti meccanici e motori, per effetto delle modifiche che si creano nel sistema di leve, combinate con la possibile perdita di alcuni elementi muscolari contrattili (come il muscolo sovraspinato), e le differenti afferenze sensitive provenienti

da meccanocettori articolari e muscolari che in questo nuovo assetto anatomico contengono informazioni profondamente diverse durante il movimento della spalla, rispetto ad una spalla non protesizzata.

Questo nuovo assetto anatomico imposto dall'impianto di una RSA determina delle condizioni di vincolo, e delle limitazioni meccaniche alle quali la "nuova" articolazione è costretta a sottostare, ma nel contempo si assiste per altri versi, a dei gradi maggiori di libertà nel movimento, che prima erano vincolati e controllati sia dal punto di vista meccanico che propriocettivo, da alcune strutture articolari e periarticolari muscolo tendinee (come ad esempio il tendine ed il muscolo del sovraspinoso o delle strutture capsulo tendinee intorno alla glena...) che sono degenerate o sono state sacrificate per rendere possibile l'impianto protesico.

Inoltre questo nuovo assetto costringe a dei cambiamenti meccanici e funzionali delle varie strutture della spalla, con l'acquisizione di nuovi compiti motori e di vincolo da parte di alcune strutture articolari e peri-articolari della spalla, costrette a supplire alla mancanza funzionale e meccanica di quelle componenti degenerate. Basti pensare alla funzione che ha il deltoide, nel controllare e modulare il movimento in questo nuovo assetto anatomico-funzionale.

Il recuperare un adeguato livello di funzione in questo caso rappresenta una condizione difficile, e di sfida, che richiede complessi processi di ri-calibrazione ed una modificazione anche delle sinergie muscolari che controllano la spalla, la cui contropartita nel sistema nervoso centrale potrebbe consistere in modificazioni apprezzabili delle reti neurali sottostanti.

Il recupero funzionale, di conseguenza, deriva da nuovi processi di apprendimento motorio che sono conseguenza di nuovi e specifici patterns di attivazione del sistema nervoso centrale, i quali possono essere rilevati con la risonanza magnetica funzionale (fMRI).

La complessità della condizione è confermata dal tempo che è richiesto per il recupero articolare completo che in alcuni casi può ammontare anche diversi mesi; questo si verifica anche se il percorso riabilitativo viene supportato da programmi di riabilitazione specifici e dedicati.

Infatti il recupero di un paziente operato di RSA può non essere completato 6 mesi dopo l'impianto, e la maggior parte dei pazienti raggiungono il 60 – 90% della loro massima funzione articolare della spalla (Levi et al 2014).

Una comprensione a tutto campo dei processi che riguardano il recupero, che includano anche quelli relativi alla neurofisiologia dell'apprendimento motorio relativi alla corrispettiva plasticità neuronale centrale, potrebbe aumentare l'efficacia dell'intervento di RSA migliorando i criteri di selezione dei pazienti candidati ad un impianto di una protesi inversa e potrebbe anche aiutare e suggerire modificazioni post-operatorie finalizzate a migliorare e stimolare più la plasticità del

sistema nervoso centrale (implementando il motor – learning), riducendo in questo modo i tempi di recupero dopo un impianto, e quindi l'outcome e la performance delle protesi.

Inoltre l'auspicio sarebbe quello di migliorare oltre che l'aspetto riabilitativo, anche quello del design proteico, realizzando modelli sempre più performanti che meglio si adattano e meglio si prestano ad incentivare la plasticità centrale.

L'RSA rappresenta solo una delle tante situazioni in cui una malattia, un trauma o un insulto determinano alterazioni persistenti del sistema muscolo scheletrico. Condizioni che capitano spesso nel corso della vita e che richiedono rapidi adattamenti per mantenere la funzione motoria massimale.

La comprensione dei processi plastici centrali che seguono una RSA potrebbero dare informazioni generali e globali trasferibili ad altre condizioni in cui il sistema muscolo scheletrico è alterato e potrebbero anche aiutare ad ottimizzare l'intervento terapeutico riabilitativo conseguente.

Oltre agli obiettivi terapeutici e clinico-chirurgici, questo studio sui cambiamenti centrali indotti da RSA, può rappresentare un approccio nuovo nello studio dell'apprendimento motorio. Infatti a differenza della maggioranza dei paradigmi di studio della plasticità nervosa in cui i cambiamenti plastici sono prodotti o dall'esecuzione di nuovi compiti motori o come adattamento a lesioni del Sistema Nervoso Centrale, nel caso dell'impianto di una RSA sono modificazioni strutturali dell'apparato muscolo scheletrico della periferia che rappresentano l'innesco (trigger) per stimolare processi plastici necessari per le modificazioni centrali.

Conseguentemente abbiamo svolto questo studio sui patterns di attivazione centrali che occorrono durante movimenti volontari dopo l'impianto di una RSA attraverso tecniche di risonanza magnetica funzionale (fMRI).

## ***SCOPO STUDIO N. 2***

### ***Cosa né sa il nostro cervello di una protesi inversa?***

#### **Individuazione di patterns di attivazione del sistema nervoso centrale (CNS) relativi all'esecuzione di movimenti volontari della spalla in soggetti sottoposti a protesi di spalla inversa (RSA)**

Questo studio ha lo scopo di rilevare i patterns di attivazione del sistema nervoso centrale (CNS) relativi all'esecuzione di movimenti volontari della spalla in soggetti sottoposti a protesi di spalla inversa (RSA). A tale scopo abbiamo anche eseguito uno studio in collaborazione con il Reparto di Neuroradiologia dell'Azienda Ospedaliera di Perugia. Tale studio nasce dall'idea di valutare come varia il Sistema Nervoso Centrale in rapporto ad una protesi inversa che crea una alterazione della normale anatomia della spalla (in particolare prevede l'applicazione di una sfera, detta appunto Gleno-sfera, che va a sostituire la normale concavità presente a livello della Glenoide, e nel creare una concavità a livello della superficie convessa della testa dell'Omero) creando pertanto un sovvertimento anatomico.

Per tale studio abbiamo utilizzato una Risonanza Magnetica Funzionale a 3 Tesla, che riesce ad individuare durante l'esecuzione di un movimento semplice quali aree del SNC vengono reclutate. Lo studio prevede di eseguire una RMN funzionale nei pazienti con pseudoparalisi di spalla prima dell'impianto di una RSA, ed in seguito eseguire una nuova RMNf una volta terminato il processo riabilitativo. Questo ci consente di verificare se vi sono differenze a livello celebrale prima e dopo l'impianto di una RSA.

Si è proceduto a standardizzare il movimento che il paziente deve eseguire con l'arto (movimento di abduzione in isometria del braccio rispetto al tronco) durante l'esame. Abbiamo inoltre valutato quali aree del SNC si attivano in soggetti sani (senza patologie di spalla), e lo abbiamo confrontato con pazienti con pseudoparalisi di spalla sia prima che dopo l'impianto di una RSA.

## ***MATERIALI E METODI STUDIO N. 2***

I patterns di attivazione del sistema nervoso centrale suscitati da un movimento ripetuto e standardizzato della spalla, sono stati analizzati e catturati per mezzo del fenomeno BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) attraverso la fMRI in soggetti volontari.

Blood Oxygenation Level Dependent e fMRI in soggetti volontari:

I pazienti analizzati che sono stati sottoposti a RSA hanno atteso almeno 6 mesi prima della prova con fRMN dopo l'intervento chirurgico, ed inoltre sono stati analizzati alcuni soggetti, inclusi nello studio come controlli sani, senza patologia della spalla.

Abbiamo considerato di almeno 6 mesi il tempo minimo necessario affinché si possa considerare concluso il tempo necessario per terminare l'iter terapeutico-riabilitativo necessario per considerare il paziente "guarito" e "recuperato" in modo completo dall'intervento e che abbia comunque raggiunto la sua massima performance articolare.

L'attivazione neuronale è stata assunta ed acquisita come tale quando lo "Z score" ha superato il valore di almeno 5 volte rispetto al segnale BOLD che è stato registrato a riposo.

I patterns di attivazione indotti durante il movimento volontario della spalla con la protesi inversa sono stati confrontati (all'interno dello stesso soggetto) con quelli ottenuti durante lo stesso movimento con l'arto sano controlaterale e con quelli dei controlli, per evidenziare le specificità dovute all'intervento di RSA.

Protocollo e Soggetti.

ID	age	gender	RSA side	fMRI- RSA interval	RSA fMRI interval
<b>BS</b>	71	M	dx	6 gg	7.5 mesi (225 gg)
<b>BF</b>	72	F	dx	- 15 gg	
<b>PM</b>	72	M	dx	- 7 gg	8,5 mesi (260 gg)
<b>PA</b>	80	F	sx	n	7 anni 11 mesi (2885 gg)
<b>SB</b>	73	F	dx	- 14 gg	2 mesi e 8 gg (68 gg)
<b>TA</b>	78	M	sx	n	6 mesi (180 gg)
<b>BE</b>	65	F	dx	n	4 anni (1460 gg)
<b>PA</b>	78	M	dx	n	40 gg
<b>PA</b>	74	M	sx	n	4 anni (1469 gg)
<b>OA</b>	69	F	dx	n	2 anni 4 mesi (850 gg)

Tabella 122: caratteristiche principali dei pazienti.

Il protocollo per questo studio caso-controllo è stato progettato e disegnato rispettando la Dichiarazione di Helsinki (1975) ed è stato inoltre approvato dal comitato etico locale (CEAS Umbria).

Fino ad ora sono stati analizzati i risultati preliminari di dieci volontari (e non di tutti i pazienti i soggetti inseriti nello studio e sottoposti a fRMN) che hanno partecipato allo studio, sottoposti ad fMRI (5 maschi e 5 femmine di età media di: 73,2 (+80 -65) rispettivamente: XX 71,8 (+80 -65) e XY 74,6 (+78 -72) che hanno subito l'intervento di artroplastica inversa spalla (intervallo medio trascorso dall'intervento alla fRMN di 825 giorni dall'intervento), per una grave degenerazione articolare e perdite di funzione.

Il consenso informato è stato ottenuto da ciascun partecipante in forma scritta. Per valutare la capacità di intendere e volere dei soggetti, quindi la capacità di fornire il consenso informato in modo consapevole, e per valutare lo stato cognitivo di base è stata eseguita una valutazione neurologica, ed è stata esclusa una diagnosi per la demenza attraverso l'adozione dei criteri del Manuale "Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders".

Solo i soggetti sottoposti a protesi di spalla inversa che avevano una diagnosi pre-operatoria di sindrome da conflitto e con lo stesso grado di alterazione funzionale dovuta ad una pseudoparalisi data da una lesione massiva della cuffia dei rotatori sono stati inclusi nello studio. Si è cercato di uniformare il campione analizzato, andando anche a valutare esami clinici e diagnostici pre-operatori eseguiti da tali pazienti. Inoltre solo soggetti "sani" comparabili e confrontabili in tutti gli aspetti anamnestico-clinici con i casi ma senza patologia della spalla, sono stati reclutati per il gruppo di controllo.

I criteri di esclusione dallo studio erano: demenza e depressione / malattia psichiatrica (secondo i criteri DSM IV), pazienti in cui si poteva determinare una potenziale ridotta tolleranza all'ambiente e alla Risonanza Magnetica (per i ridotti spazi che potrebbero causare claustrofobia), bassa collaborazione, patologie neurologiche e muscoloscheletriche in atto o anamnestiche che possono determinare deficit motori, ad eccezione di quelle ortopediche seguite da RSA nel caso dei pazienti inclusi.

Inoltre, per essere eleggibili per lo studio, i partecipanti non devono essere dipendenti dall'alcol e non dovevano assumere terapie farmacologiche che avrebbero potenzialmente potuto intaccare ed alterare il controllo motorio e l'aderenza allo studio.

Tutti i soggetti inclusi nello studio sono stati valutati clinicamente prima di essere sottoposti alla risonanza magnetica, e hanno presentato un livello comparabile di recupero della funzione articolare e performance motoria all'interno del loro gruppo di assegnazione.



### **Apparecchiature e tecniche**

Uno scanner 3T (Tesla) MRI (Achiva quasars dual AG Philips) è stato utilizzato per le valutazioni morfologiche e funzionali.

La valutazione fMRI è stata eseguita in una singola sessione in cui una sequenza morfologica (Spin echo sequence (TR / TE 500/20 ms)) precede quelle funzionali, per fornire i riferimenti anatomici per le mappe funzionali che seguono.

Le registrazioni anatomiche sono state analizzate anche da un neuro-radiologo esperto al fine di escludere anomalie strutturali che potenzialmente potrebbero interessare lo studio, ed alterarne i risultati. In ogni caso questa condizione non è stata rilevata in nessuno dei soggetti reclutati ed esaminati. Mappe riguardanti l'attività funzionale sono state ottenute e fornite grazie all'estrazione di modificazioni del segnale BOLD connesse con i compiti motori assegnati durante l'esecuzione della fRMN in confronto con l'intensità del segnale basale (della linea di base) registrato in assenza di attività motoria. Ogni soggetto esegue due sessioni con gli stessi compiti motori per ciascun esame: una sessione per ciascun lato (destra e sinistra). Per ogni sessione, i dati delle prime scansioni sono state scartate per eliminare i dati erronei che possono verificarsi prima del raggiungimento di un equilibrio dinamico, e le ultime scansioni sono scansioni in bianco. Le scansioni rimanenti sono state divise in due gruppi (le prime quattro prove e le seconde quattro prove), e ogni attività è stata registrata una volta in modo casuale all'interno ed a metà di ogni gruppo. La durata totale per ogni sessione è stata di 8 min. e 32 s. Le mappe funzionali sono state acquisite con sequenze SPGR (TR = 640 ms, TE = 48 ms, 17U flip angle, FOV 22616 cm, matrice = 2.566.128) e svariate scansioni di fette contigue sono state utilizzate per lo studio (thickness = 6 mm, 1 excitation, total acquisition time = 19 seconds - spessore = 6 mm, 1 eccitazione, tempo di acquisizione totale = 19 secondi), le quali sono concentrate su aree motorie adiacenti evidenziando la corteccia motoria primaria (M1), la corteccia motoria secondaria (LPM e SMA) e il cervelletto. Ogni asse di ciascuna scansione è stato controllato durante il movimento del soggetto sottoposto all'esame.

### **Compito del soggetto**

Barre di fissaggio a morsa personalizzate sono state preparate ed applicate ai soggetti in modo da ridurre al massimo i movimenti casuali della testa durante l'esame. La testa del soggetto è stata fissata con delle cinghie e blocchi di fissaggio all'orecchio, applicando un casco appositamente ideato per lo scopo. Le registrazioni funzionali sono state eseguite a riposo e durante il movimento dell'arto superiore intorno alla spalla. È stato fatto eseguire al paziente un compito motorio della

spalla passivo (PM), un compito motorio attivo (AM) e un movimento solo immaginario (MI). Il compito motorio affidato al paziente consisteva in un movimento complesso e ritmico del braccio che unisce sia un movimento di intra ed extra-rotazione con movimenti di flexo-estensione ( di circa  $\pm 30^\circ$ ) contestuali, partendo da una posizione di inizio standardizzata: il braccio leggermente abdotto (circa  $35^\circ$ ) con l'avambraccio leggermente flesso in modo tale che la mano dovrebbe collocarsi a livello dell'emitorace omolaterale e il gomito sia a contatto con la lettiga dell'apparecchio, così i movimenti eseguiti dal braccio da questa posizione dell'avambraccio avranno una traiettoria parallela al piano trasversale.

Il compito di attivazione consisteva in un autoapprendimento sequenziale del movimento ritmico del braccio protesizzato seguito da una sequenza di ripetizioni comparabili per cinematica e tempi di esecuzione svolti anche dall'arto superiore controlaterale.

Ogni candidato allo studio ha eseguito alcune sessioni di familiarizzazione pre fMRI in cui sono stati istruiti e addestrati a iniziare ad eseguire il movimento in coincidenza con la comparsa di un segnale visivo su un display, posizionato dietro la testa soggetto (fuori la RMN) e visualizzato attraverso uno specchio inclinato a  $45^\circ$  posto di fronte al soggetto per eseguire le ripetizioni con una corretta cadenza, corrispondente con le varie sessioni di registrazione funzionale di RMN. Ogni partecipante si è esercitato fino a che non è stato in grado di svolgere il compito in modo autonomo e completo senza errori. Ogni esame è stata eseguito all'incirca alla stessa ora del giorno per ridurre al minimo la variabilità circadiana.

L'esame consisteva in due parti: una prima parte in cui sono state acquisite le sequenze anatomiche-morfologiche; seguita da una seconda parte in cui vi è stata l'acquisizione funzionale, in cui è stato fatto eseguire al soggetto in esame il compito motorio e quindi la relativa attivazione del CNS, che è stata registrata in blocchi separati per ogni braccio.

I blocchi, consistevano in una fase dell'attività di alcuni secondi (circa 30) seguita da un periodo di riposo della stessa durata. Ogni blocco è stato ripetuto per un totale di 8 volte. Questo movimento è stato utilizzato per ottenere una attivazione centrale di M1, LPM, SMA e del cervelletto.

### **Analisi Statistiche**

Lo Z score è il numero di deviazioni standard sopra al quale l'intensità media del segnale BOLD basale è stato utilizzato per localizzare un sito di attivazione. In altre parole è il limite sopra al quale abbiamo considerato che vi è una attività neuronale, rispetto al segnale basale dato dal metabolismo basale delle cellule neuronale. Abbiamo accettato come segnale di attivazione di regioni cerebrali quelle che hanno evidenziato un segnale BOLD z punteggio superiore a 5 rispetto

al livello del tessuto nervoso di fondo non attivo. Come è già stato fatto in altri e precedenti lavori, l'analisi statistica dei dati è stata fatta utilizzando il software SPM2 (or SPM12) (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, Institute of Neurology, University College London, UK). Le regioni corticali M1, SMA, e LPM controlaterali rispetto al lato dove viene eseguito il compito motorio assegnato ed il cervelletto omolaterale sono state considerate come regioni-di-interesse (ROI) per l'esecuzione del compito motorio assegnato, basandosi su evidenze emerse in letteratura. Le immagini funzionali sono state co-registrate e riallineate alle prime immagini di registrazione morfologiche al fine di correggere eventuali rotazioni e traslazioni accidentali della testa, e per evitare coordinate spaziali errate di voxels attivati, ed i segnali sono stati normalizzati e collocati rispetto allo spazio stereotassico di Talairach e Tournoux utilizzando un volume spaziale tridimensionale. Poi, le immagini funzionali sono state levigate e smussate con un filtro gaussiano con una larghezza piena a metà della massima altezza di 12 mm.

L'analisi statistica dei dati sull'attivazione ottenuta durante l'esecuzione del compito motorio, era basata su un disegno sperimentale già esistente. I dati ottenuti sono stati modellati con una funzione di risposta emodinamica, con variazione del flusso locale dell'impulso (impulsive local flux). Un Modello lineare generalizzato,  $y = (b/berr)^*x+c$  è stato applicato per ottenere, per l'attivazione di ciascuno dei cinque ROI, il corrispondente T-score. (Z score). Questo punteggio riflette la sua dimensione di attivazione (cluster of voxel, k) [14,15xx yy]. Questo processo è stato applicato a tutti i soggetti. Poi, T-test a due vie è stato eseguito per confrontare l'attivazione di ogni ROI tra le due parti e tra pazienti e controlli.

## ***RISULTATI STUDIO N. 2***

**COME FA IL CERVELLO AD IMMAGINARE UN MOVIMENTO DEL BRACCIO DOPO L'IMPIANTO DI UNA PROTESI DI SPALLA INVERSA?**

L'attivazione corticale controlaterale durante i movimenti volontari eseguiti durante il test, coinvolge sia S1 e M1. Il valore di intensità ed estensione del segnale BOLD captato e registrato durante il movimento della spalla portatrice di RSA era paragonabile a quello osservato in condizioni di controllo.

Solo piccole differenze non sistematiche erano state rilevate in singoli casi, che consistevano in una piccola prevalenza di attivazione corticale controlaterale durante il movimento volontario dell'arto portatore di RSA.

L'effetto più evidente "invece" consisteva in una maggiore attivazione del cervelletto registrata durante i movimenti della spalla portatrice di RSA che ha provocato una attivazione cerebellare più intensa ed estesa rispetto all'attivazione riscontrata nei controlli.

L'incremento del segnale BOLD è stato osservato soprattutto nell'emisfero cerebellare ipsilaterale all'impianto protesico, tuttavia, in alcuni casi, comprendeva anche l'attivazione cerebellare controlaterale rispetto all'arto dove è stato eseguito il movimento.

La parte laterale inferiore del lobo cerebellare posteriore ha mostrato l'incremento del segnale più ampio e intenso, ma, spesso, in una percentuale non irrilevante di casi sono stati osservati anche patterns di attivazione anche nella parte superiore dello stesso lobo.

<b>Cognome nome</b>	<b>Shoulder DX</b>	<b>Shoulder SX</b>	<b>Eligibility</b>	<b>Cerbell.</b>		<b>Inf SM cortex Contra/ipsi RSA</b>
				<b>Sup /contra RSA</b>	<b>Ipsi ipsi/contra RSA</b>	
<b>BE</b>	<b>RSA</b>	<b>ASA</b>		<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>+1</b>
<b>BS</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>OK</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>
<b>BF</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>OK</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+1</b>
<b>FF</b>	<b>Norm</b>	<b>Norm</b>				
<b>PA</b>	<b>RSA</b>	<b>RSA</b>				
<b>PM</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>OK</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>(+1)</b>
<b>PA</b>	<b>Norm</b>	<b>RSA</b>	<b>OK</b>	<b>+1</b>	<b>+1</b>	<b>(+1)</b>
<b>SB</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>OK</b>	<b>+1</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>
<b>SN</b>	<b>No dati</b>	<b>No dati</b>				
<b>TA</b>	<b>Norm</b>	<b>RSA</b>	<b>OK</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>(-1)/0</b>

- *Pre rsa fMRI*

<b>Cognome nome</b>	<b>Shoulder DX</b>	<b>Shoulder SX</b>	<b>Cerbell. Sup</b>	<b>Cerbell. Inf</b>	<b>SM cortex</b>
<b>BS</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
<b>BF*</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	<b>+</b>
<b>PM*</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	<b>(+)</b>
<b>PA</b>	<b>Norm</b>	<b>RSA</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>(+)</b>
<b>SB</b>	<b>RSA</b>	<b>Norm</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
<b>TA</b>	<b>Norm</b>	<b>RSA</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	<b>(-)/0</b>

*\*pre RSA fMRI*

Tab. 123: Confronto della quantità di attivazione del CNS di alcuni soggetti inseriti nello studio durante il movimento volontario della spalla operata di RSA e di quella normale controlaterale. Sono stati considerati il cervelletto omolaterale corrispondente al lato dove è stato eseguito il compito motorio assegnato e la corteccia senso-motoria controlaterale rispetto al lato dove è stato eseguito il compito motorio.

Il segno "+" indica un'attivazione più intensa che riguarda il cervelletto ipsilaterale o la corteccia controlaterale al lato dove è stata impiantata una RSA. Quindi indica una attività neuronale più intensa e/o prolungata rispetto alle rispettive regioni controlaterale di controllo durante l'esecuzione del compito motorio nel lato non operato. Viceversa il segno "-" indica un'attivazione meno intensa di regioni cerebrali considerate per il controllo della spalla RSA rispetto all'attivazione di quelli controlaterali osservata durante l'attività della spalla normale.

Questa tabella evidenzia che, nel caso di attività della spalla operata di RSA il cervelletto ipsilaterale è più attivo rispetto alla controparte.

Il confronto dell'attivazione delle cortecce senso-motoria evidenzia solo una piccola prevalenza di incerta interpretazione della cortecce SM controlaterale alla spalla operata di RSA durante la sua attività volontaria, se confrontata con l'attivazione neuronale ottenuta con l'attività motoria eseguita con la spalla "sana" utilizzata come controllo.

Una piccola attivazione supplementare anteriore ipsilaterale (superiore) del lobo di attivazione del cervelletto può essere presente suggerendo una multipla (almeno il doppio) rappresentazione della spalla in accordo con studi precedenti, anche se ancora c'è un dibattito acceso in tali modelli (Snider RS & Eldred EJ Neurophysiol. 15, 27-40 (1952 ; Manni E1, Petrosini L.).

A century of cerebellar somatotopy: a debated representation. *Nat Rev Neurosci.* 2004 Mar;5(3):241-9; Stoodley CJ, Schmahmann JD. Functional topography in the human cerebellum: a meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuroimage.* 2009 Jan 15;44(2):489-501. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.08.039. Epub 2008 Sep 16; Stoodley CJ1, Schmahmann JD. Evidence for topographic organization in the cerebellum of motor control versus cognitive and affective processing. *Cortex.* 2010 Jul-Aug;46(7):831-44. doi: 10.1016/j.cortex.2009.11.008. Epub 2010 Jan 11.; Stoodley CJ1, Valera EM, Schmahmann JD. Functional topography of the cerebellum for motor and cognitive tasks: an fMRI study. *Neuroimage.* 2012 Jan 16;59(2):1560-70. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.08.065. Epub 2011 Aug 31.).

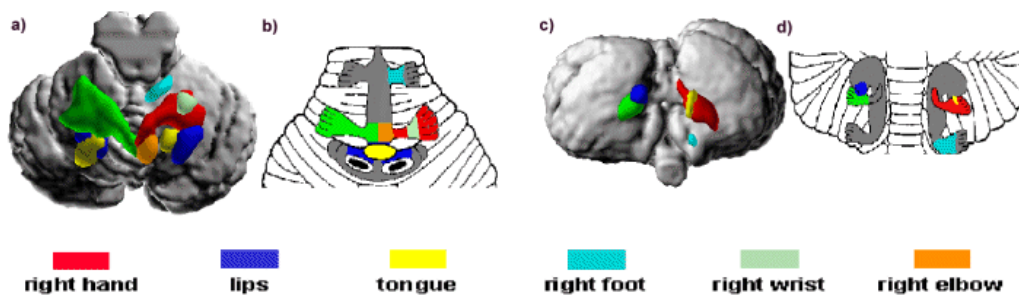


Fig. 76: Confronto dei siti di attivazione fMRI con omuncoli cerebellare come calcolato da Snider2.

[www.neurologie.uni-duesseldorf.de/HBM99/cd/sensor/2927html](http://www.neurologie.uni-duesseldorf.de/HBM99/cd/sensor/2927html)

- A. Vista obliqua craniale di una superficie cerebellare con volumi di attivazione sovrapposti (p 0,01).
- B. Ritratto dell'homunculus superiore.
- C. vista obliqua caudale della superficie cerebellare con volumi di attivazione sovrapposti (labbra e lingua con p 0,05).
- D. Ritratto di due emi-homunculi inferiori.

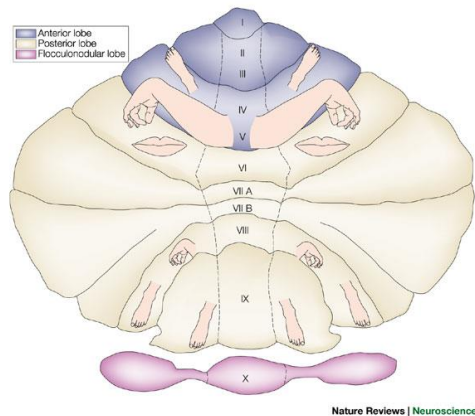


Fig. 77: Rappresentazione somatotopica cerebellare.

Abbiamo anche verificato il grado di relazione che vi è tra l'attivazione del CNS, con il recupero della abilità funzionale della spalla: è stato visto che vi è rapporto tra abilità della spalla operata e la quantità attivazione del CNS durante l'esecuzione di un movimento standardizzato degli arti superiori con un aumento del segnale BOLD che è stato osservata nel lobo frontale. In corrispondenza della parte superiore del giro precentrale (e in tutto il solco precentrale coinvolgendo anche la regione adiacente parietale postcentrale). E' stato osservato un aumento di questa attività, in accordo con quanto evidenziato già in letteratura (Nicco et al 2001).

Questo risulta essere compatibile con l'attivazione concomitante delle regioni somatosensoriale e motorie che sono rappresentazioni della spalla nelle rispettive zone primarie della neocorteccia.

Le regioni prefrontali sono note per il loro ruolo nei movimenti volontari innescati spontaneamente, ma sono state anche un po' attivate le aree pre-SMA e SMA.

Una attività concomitante è stata osservata anche nel lobo posteriore (inferiore) del cervelletto ipsi-laterale all'arto in movimento, e, in molti soggetti, anche nel lobo superiore del cervelletto, omolaterale al braccio attivato.

Questi effetti sono stati osservati in tutti i soggetti quando mettono in movimento ogni arto, e sembravano l'attivazione di una rete neuronale cortico-cerebellare (compresa l'attivazione del talamo e dei nuclei della base) espressione del sistema di controllo volontaria del movimento.

L'analisi della rete di attivazione neuronale, sembra sostenere l'ipotesi della rappresentazione multipla del corpo nel cervelletto, un argomento ancora dibattuto ([www.neurologie.uni-duesseldorf.de/HBM99/cd/sensor/2927.html](http://www.neurologie.uni-duesseldorf.de/HBM99/cd/sensor/2927.html)) ed evidenzia qualche elemento inaspettato, infatti le regioni attivate del cervelletto nel movimento volontario della spalla, anche in condizioni normali, erano sorprendentemente vaste nonostante la letteratura riporta una rappresentazione cerebellare nell'omuncolo della spalla occupante una piccola porzione. Una ipotesi per spiegare



questa grande e intensa attività cerebellare potrebbe essere quella che considera il ruolo centrale del cervelletto nel controllo dei compiti motori.

Nel nostro caso il movimento richiesto è più complesso di quanto ci si potrebbe aspettare, infatti coinvolge molti gradi di libertà della giuntura scapolo-omerale e richiede per la sua esecuzione delle sinergie muscolari complesse; inoltre tale movimento è insolito, privo di precedenti esperienze e viene eseguito da una postura innaturale con paziente sdraiato in un ambiente non confortevole come potrebbe risultare la lettiga di una RMN ed inoltre viene eseguito contro gravità (cosa ancora più innaturale).

Questa inesperienza legata a questi altri fattori disturbanti richiedono un corretto funzionamento del cervelletto che controlli ed esegua continui adattamenti ed aggiustamenti durante l'espletamento del compito motorio.

È ben noto che la quantità di attivazione del CNS è direttamente correlata e proporzionale con la complessità del compito motorio affidato, e questo sembra essere argomento per il nostro studio (avvalorando questa tesi).

Infatti si assiste ad una maggiore attivazione cerebellare nei pazienti con protesi. Questo perché il movimento determina inoltre il coinvolgimento anche dell'emisfero cerebellare controlaterale e consiste in specifiche differenze tra il braccio "normale" e l'arto protesizzato durante l'esecuzione di movimenti volontari: in caso di una spalla protesizzata si assiste ad una più intensa e larga attivazione del cervelletto omolaterale (principalmente il lobo inferiore) con un incremento concomitante del segnale BOLD sul lato controlaterale.

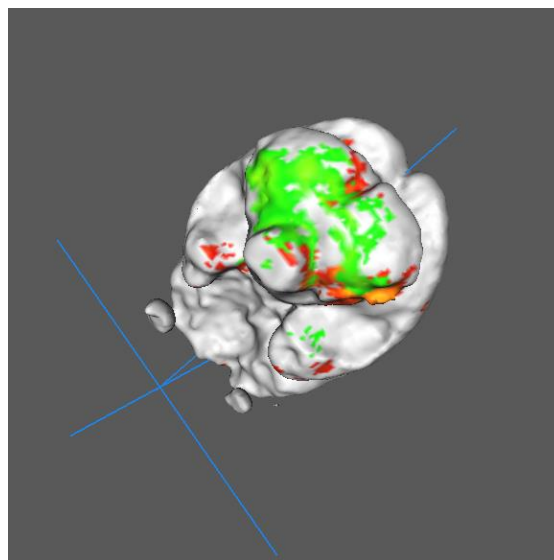


Fig. 78: Visione caudale del cervelletto di una dRMN, in un soggetto sottoposta a intervento di RSA.

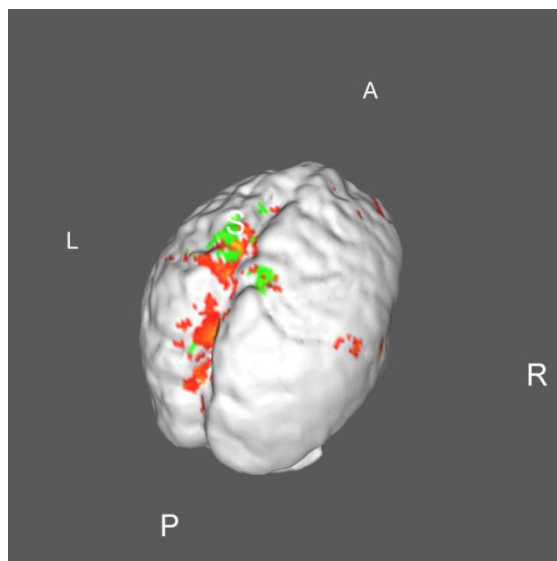


Fig. 79: Visione Area corticale encefalica di una fRMN durante l'esecuzione del movimento, in soggetto sottoposto a RSA.

I modelli di attivazioni evidenziano un'attivazione cortico-cerebellare durante i movimenti della spalla con un grande coinvolgimento di strutture cerebellari nei pazienti che movevano l'arto protesizzato.

Questo modello di attivazione è simile a quello osservato da Ungerleider et al. durante l'esecuzione di una attività motoria che richiede un controllo continuo con dei feedback costanti a causa di condizioni perturbative non attese ed inaspettate in movimenti estremamente complessi e fini che richiedono estrema abilità somato-motoria (abilità per movimenti complessi e perturbazioni...), in questi casi il coinvolgimento del cervelletto è molto evidente.

In caso di pazienti operati di RSA questo fenomeno è ancora più evidente nel cervelletto.

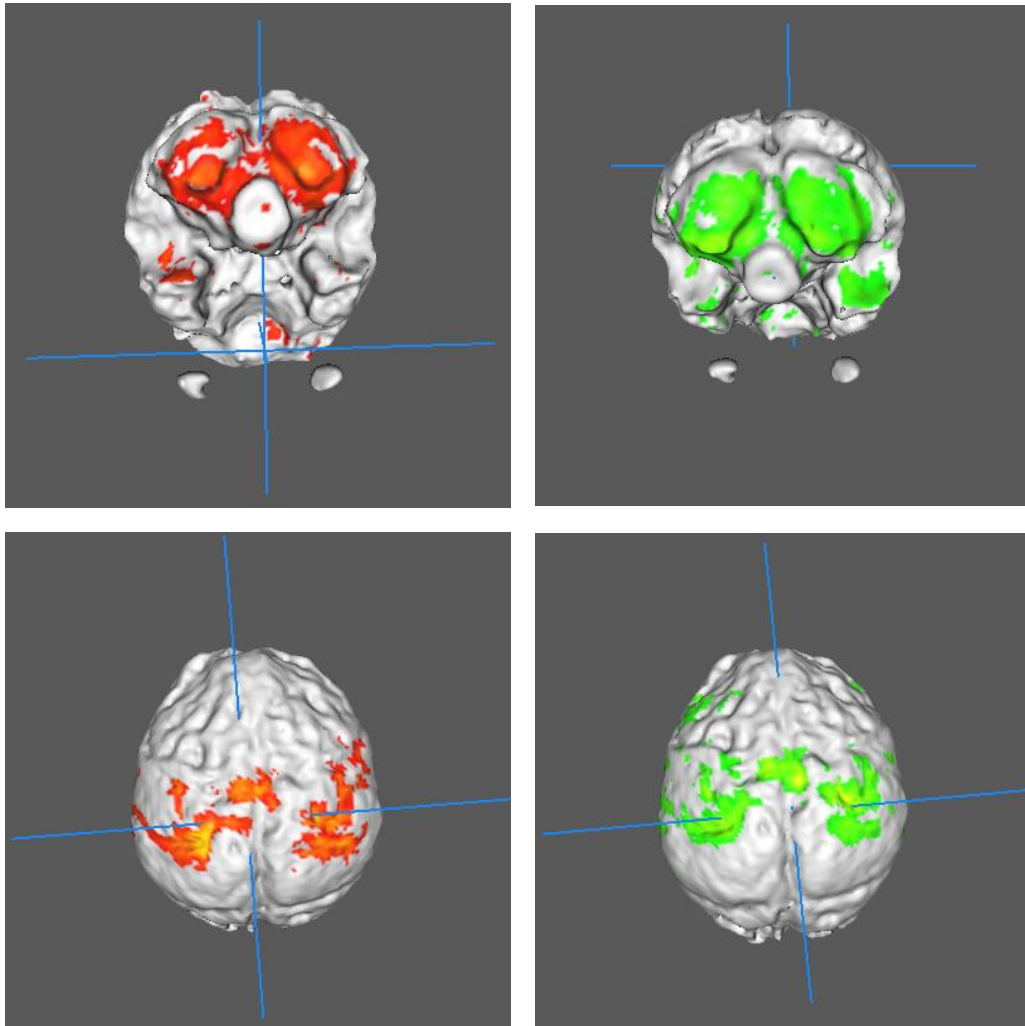


Fig. 80: Immagini di fRMN relative al cervelletto e alla corteccia.

L'attivazione cerebellare preponderante nella RSA rispetto ai controlli evidenzia un ruolo fondamentale del cervelletto dopo l'intervento chirurgico di protesi per il recupero funzionale della spalla e dell'arto superiore, soprattutto per il loro controllo. I risultati infatti suggeriscono il possibile fallimento del recupero funzionale dopo RSA in caso di scarsa funzionalità cerebellare.

Quindi verificare l'integrità del cervelletto e l'abilità nell'eseguire dei movimenti complessi prima dell'intervento chirurgico potrebbe aiutare a definire meglio i criteri di ammissibilità del soggetto all'interventi di RSA, ed avere un outcome migliore dopo l'impianto protesico.

Il numero di rappresentazioni del corpo e la loro somatotopia (Homunculus) cerebellare sono ancora oggetto di dibattito e costituiscono fonte di controversie.

Si ipotizza una rappresentazione cerebellare doppio del corpo. I nostri risultati evidenziano una netta prevalenza di attivazione dei lobi cerebellari inferiori nel caso di una attivazione motoria del

braccio e della spalla sia ipsi-laterale che controlaterale l'arto protesizzato rispetto ai soggetti presi come controllo.

L'estensione della regione attivata supera ampiamente l'estensione stimata in passato con altri metodi. Nel caso di arti protesizzati l'attivazione è stata ancora più estesa (escludendo una sovrastima da artefatto o altri tipi di errore).

Questo potrebbe essere dovuto alle proprietà del compito motorio che, anche se apparentemente semplice, in pratica, rappresenta un compito motorio piuttosto strano, con uno schema motorio mai sperimentato e rappresentato prima e che richiede un intenso controllo durante tutta l'esecuzione (sia con molti feedback somato-sensoriale sia con un intenso controllo in generale). Si assiste a questo fenomeno anche dopo un prolungato ed adeguato periodo di riabilitazione (anche una volta completato il recupero funzionale post chirurgico e si è raggiunto un recupero massimale proporzionato al paziente).

Da un punto di vista speculativo, la protesi di spalla inversa rappresenta un interessante paradigma della plasticità centrale, e ricorda i molti lavori sull'adattamento condotti e studiati da Doyon e collaboratori, Ungerleider (Doyon et al 2003; Doyon Benali 2005). J1, Penhune V, Ungerleider LG. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. *Neuropsychologia*. 2003;41(3):252-62. ; Doyon J1, Benali H. Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Curr Opin Neurobiol*.2005 Apr;15(2):161-7.).

Questi autori hanno studiato i processi di apprendimento motorio in termini di strutture del SNC coinvolte e hanno inoltre studiato il tempismo dell'apprendimento combinando la fMRI con l'analisi delle curve di apprendimento motorio, trovando che l'apprendimento motorio consiste nel rimodellamento neuronale centrale su due differenti reti di controllo specifiche a seconda delle caratteristiche di adattamento e aderenza o non adattamento/aderenza alla attività motoria.

Queste due categorie di attività si trovano accanto alle aree funzionali corticali parieto-frontale e richiedono, rispettivamente, la co-attivazione del cervelletto e/o dello striato a seconda della necessità di controllo e correzione durante l'esecuzione dell'attività motoria per la presenza o meno di continue ed inaspettate perturbazioni.

Quindi in caso di un fattore perturbativo che sopraggiunge durante l'esecuzione del movimento, si assiste ad una co-attivazione proporzionale al fattore di disturbo di alcune aree cerebellari e dello striato.

Il controllo dell'arto superiore dopo RSA assomiglia a un compito motorio con elevata esigenza di adattamento (come se fosse presente costantemente un fattore perturbativo).

La condizione è resa ancora più complessa di quella studiata da Doyon e coll. poiché la domanda di adattamento è conseguente ai vincoli interni (connessi con l'impianto protesico) e comporta cambiamenti nella generazione del vettore forza e dei cambiamenti della qualità e quantità (significato) degli input propriocettivi sensoriali con possibili significati incoerenti o addirittura conflittuali.

La domanda di adattamento in caso di RSA è ancora più intensa, spiegando così l'alto grado di attivazione cerebellare ipsilaterale osservato anche per compiti motori apparentemente semplici. Questa attivazione indica un ruolo fondamentale del cervelletto nel controllo motorio della spalla dopo RSA e suggerisce di evitare questa opzione chirurgico-terapeutica in caso di pazienti con ridotta funzione cerebellare.

Per ridurre al minimo la complessità e quindi favorire il recupero, la leva del braccio e il fulcro dovrebbero rispettare le dimensioni pre operatorie. Quindi scegliere una taglia giusta di protesi si ipotizza possa aiutare a ridurre al minimo la perturbazione indotta dalla protesi e ridurre i tempi di recupero riabilitativi post-operatori.

Il controllo della spalla e dell'arto superiore dopo artroplastica inversa, a causa dei profondi cambiamenti determinati dalla patologia e dalla chirurgia, rappresenta un particolare paradigma di apprendimento motorio per compiti adattivi (e potrebbe rappresentare un interessante esempio di passaggio dalla speculazione teorica sperimentale al contesto clinico pratico).

Considerando inoltre l'ampio coinvolgimento di molteplici strutture centrali osservate attraverso la risonanza magnetica funzionale (fMRI) nell'apprendimento del compito motorio, ci si potrebbero attendere attivazioni ancora più evidenti e forse qualitativamente diverse del sistema nervoso centrale durante il periodo di riabilitazione (rispetto alle analisi fatte in questo studio, che considera pazienti che hanno completato l'iter riabilitativo) con sequele dimostrate comunque anche dopo la sua conclusione.

Processi di apprendimento motorio ed i loro risultati sono stati studiati sia in termini di aspetti temporali del miglioramento di abilità e di coinvolgimento delle strutture cerebrali mediante la combinazione di curve di apprendimento con le registrazioni di fMRI (Doyon Ungerleider et al.).

Da questi studi scaturisce un coinvolgimento concomitante di strutture specifiche relative alla necessità di apprendimento di abilità motorie che devono essere acquisite.

In particolare, nel caso di capacità motorie che richiedono un controllo continuo ed una correzione costante durante l'esecuzione del movimento, è stato osservato un ruolo di primo piano del cervelletto, coinvolto anche dopo il completamento del processo di apprendimento. È stato evidenziato al contrario, le abilità adattive non nella richiesta l'attivazione dei gangli della base, ma non cervelletto.

In particolare, nel caso di capacità motorie che richiedono un controllo continuo ed una correzione costante durante l'esecuzione del movimento, è stato osservato un ruolo di primo piano del cervelletto, coinvolto anche dopo il completamento del processo di apprendimento. È stato evidenziato al contrario, che le abilità adattative, non richiedono l'attivazione dei gangli della base, ma richiedono l'attivazione del cervelletto.

In caso di sindrome da conflitto della spalla e di una conseguente artroplastica inversa, i cambiamenti sensoriali e biomeccanici profondi derivanti dall'intervento, rappresentano delle condizioni di adattamento importanti e, in analogia con il modello di Doyon, prevedono di indurre un potente coinvolgimento con attivazione massiva del cervelletto, che permane anche dopo il periodo di riabilitazione e di ri-apprendimento.

In condizioni patologiche un ampio coinvolgimento cerebellare si osserva spesso, coinvolgendo regioni cerebellari oltre il livello medio di attività che normalmente si osserva.

La complessità del controllo spalla dopo un impianto di RSA rappresenta un compito motorio con le esigenze di adattamento permanenti che determinano un'intensa attività cerebellare anche dopo un adeguato periodo di ri-apprendimento motorio e riabilitazione, in contrasto con quanto si osserva in una protesi anatomica (vedi caso esaminato - in tabella),

In caso di disfunzione cerebellare questa deve essere considerata una controindicazione all'impianto di una protesi inversa di spalla.

## ***DISCUSSIONE E CONCLUSIONE STUDIO N. 2***

Il massivo reclutamento di strutture cerebellari, che si evince durante i movimenti della spalla portatrice di protesi inversa, suggerisce un ruolo fondamentale del cervelletto nel controllo della spalle con RSA necessario per ricalibrare e rielaborare i processi moto-sensoriali per una programmazione motoria efficace e per il controllo del movimento volontario.

Questi risultati sono in linea con precedenti studi, che hanno attestato una significativa attivazione cerebellare in compiti motori che richiedono un continuo feedback ed un continuo adattamento per una corretta cinematica del movimento, a causa della continua presenza di una inaspettata condizione perturbativa permanente, rappresentata dall'impianto di una RSA, e dalla patologia articolare.

L'impianto di una RSA, infatti, è caratterizzato da profondi cambiamenti strutturali, motori e sensoriali della spalla, che determinano delle condizioni di esecuzione del movimento mai sperimentate prima; tali condizioni sono resi più gravi ed aggravati da concomitanti processi degenerativi ed infiammatori/reattivi di varia intensità che caratterizzano tali pazienti dopo l'impianto protesico.

Queste caratteristiche rappresentano un fattore perturbativo permanente che impongono e richiedono un continuo adattamento dell'attività motoria volontaria.

In effetti, come si evince da alcuni studi, anche sei mesi dopo l'intervento chirurgico, alcuni parametri importanti per il movimento articolare, come ad esempio il raggiungimento del massimo movimento in flessione o in abduzione per raggiungere un oggetto, presentano ancora limitazioni, ad alcune prove (es. velocità di avvicinamento al bersaglio, velocità angolare dell'elevazione omerale e la fluidità di movimento) presentano un recupero ancora non ottimale (Postacchini 2015), il che suggerisce la persistenza di fattori perturbativi che il sistema di controllo tenta di neutralizzare.

L'incremento della richiesta di controllo del movimento durante l'esecuzione del ROM è evidenziato da una grande attivazione di reti neuronali cerebellari e questo è evidenziato da un aumento del segnale BOLD cerebellare.

Considerando quindi il ruolo chiave del cervelletto nel controllo spalla con RSA, la sua integrità strutturale anatomica e funzionale può rappresentare un criterio di ammissibilità per un intervento di protesi inversa di spalla, altrimenti il rischio di un fallimento dell'impianto protesico è elevato. La funzione cerebellare mostra avere un ruolo fondamentale nel recupero motorio dopo artroplastica inversa di spalla, pertanto soggetti con insufficienza cerebellare potrebbero avere esito sfavorevole da questo tipo di intervento.

Una valutazione clinica pre-operatoria della funzione cerebellare (tra cui un eventuale studio di imaging funzionale, nei casi con funzione cerebellare alterata clinicamente) potrebbe essere



quindi consigliabile, al fine di selezionare i soggetti che possono maggiormente beneficiare di una RSA.

La fMRI rappresenta uno strumento per la valutazione e la verifica di eventuali modifiche che si potrebbero apportare al disegno di una RSA, con l'obiettivo di rendere più performante il disegno protesico e, di conseguenza, ridurre al minimo la complessità del controllo adattativo e la necessità di un continuo controllo cerebellare, ottimizzando anche l'intervento riabilitativo che ne consegue.

Ci auguriamo che questa ricerca possa tracciare un percorso iniziale da interpretare per ricercare condizioni simili che si verificano ad altri segmenti del corpo e in altre articolazioni.

I nostri risultati sono complementari a quelli ricavati da altri studi sulla cinematica articolare, sulla dinamica, e sulle sinergie muscolari, e dovrebbe ulteriormente migliorare la nostra comprensione sui processi di apprendimento che sottostanno al recupero funzionale, inoltre potrebbero contribuire a migliorare la progettazione ed il disegno protesico, le tecniche di impianto, e l'intervento riabilitativo che ne consegue.

## ***BIBLIOGRAFIA***

1. Aprile I, Iacovelli C, Padua L. Protocollo di Valutazione Multidimensionale dell'arto Superiore nei Pazienti con Soggetti Sottoposti ad Intervento di Trasposizione del M. Gran Dentato (2013) Fondazione Don Carlo Gnocchi - Centro SM della Provvidenza, Roma.
2. Berliner JL, Regalado-Magdos A, Ma CB, Feeley BT. Biomechanics of reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* (2015) 24, 150-60.
3. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont Reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* (2005) 14, 147S-61S.
4. Boudreau S, Boudreau E, Higgins LD, Wilcox III R B. Rehabilitation Following Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy* (2007), 37(12), 734-43.
5. Day JS, Paxton E, Lau E, Gordon V A, Abboud JA, Williams GR. Use of reverse total shoulder arthroplasty in the Medicare population. *J Shoulder Elbow Surg* (2015) 24, 766-772.
6. Doyon J, Benali H. Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Curr Opin Neurobiol* (2005) 15(2), 161-7.
7. Doyon J, Penhune V, Ungerleider LG. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. *Neuropsychologia* (2003) 41(3), 252-62.
8. Graziati G. Origini ed evoluzione dell'ortopedia, dalla traumatologia a delle scienze affini. *Lima Corporate Orthopaedic Emotion* (2009).
9. Gutierrez S, Luo ZP, Levy J, Frankle MA. Arc of motion and socket depth in reverse shoulder implants. *Clin Biomech* (2009) 24, 473-9.
10. Howard A, Hawkes D, Gibson Jo, Alizadehkhayat O, Roebuck MM, Kemp G, Frostick S. What Functional Magnetic Resonance Imaging Tells us About Complex Shoulder Instability. *American Academy of Orthopaedic Surgeons* (2014) Annual Meeting Proceedings paper n.121. Las Vegas, Nevada.
11. Khatib O, Onyekwelu I, Yu S, Zuckerman JD. Shoulder arthroplasty in New York State, 1991 to 2010: changing patterns of utilization. *J Shoulder Elbow Surg* (2015) 24, e286-e291.
12. Lenarz CJ, Gobezie R. Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *J. Vis. Exp.* (2011) 53, e2281.

13. Levy JC, Everding NG, Gil CC Jr, Stephens S, Giveans MR. Speed of recovery after shoulder arthroplasty: a comparison of reverse and anatomic total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* (2014) 23(12), 1872-81.
14. Neer CS. *Chirurgia della spalla.* Roma. Verduci Editore, 1992.
15. Nitin BJ, Yamaguchi K. The contribution of reverse shoulder arthroplasty to utilization of primary shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* (2014) 23, 1905-1912.
16. Peyron R, Laurent B, García-Larrea L. 2000 Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis. *Neurophysiol Clin.* (2000) 30(5), 263-88.
17. Postacchini R, Paoloni M, Carbone S, Fini M, Santilli V, Postacchini F, Mangone M. Kinematic analysis of reaching movements of the upper limb after total or reverse shoulder arthroplasty. *J Biomech.* (2015) 48(12), 3192-8.
18. Schairer WW, Nwachukwu BU, Lyman S, Craig EV, Gulotta LV. National utilization of reverse total shoulder arthroplasty in the United States. *J Shoulder Elbow Surg* (2015) 24, 91-97.
19. Shitara H, Shimoyama D, Sasaki T, Hamano N, Ichinose T, Yamamoto A, Kobayashi T, Osawa T, Iizuka H, Hanakawa T, Tsushima Y, Takagishi K. The Neural Correlates of Shoulder Apprehension: A Functional MRI Study. *PLoS One.* (2015) 9;10(9): e0137387.
20. Shitara H, Takagishi K, Shimoyama D, Ichinose T, Yamamoto A, Osawa T, Kobayashi T. Compensatory change of brain in recurrent anterior shoulder dislocation - fMRI study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* (2014) 23(5), 601.
21. Smith CD, Guyver P, Bunker TD. Indications for reverse shoulder replacement: a systematic review. *J Bone Joint Surg Br.* (2012) 94(5), 577-83.
22. Testut L, Jacob H. "Trattato di Anatomia Topografica". (1998) Ed. Utet-edra.
23. Van Andel CJ, Wolterbeek N, Doorenbosch CA, Veeger DH, Harlaar J. Complete 3D kinematics of upper extremity functional tasks. *Gait Posture* (2008), 27, 120-7.
24. Worsley P, Warner M, Mottram S, Gadola S, Veeger H, Hermens H, Morrissey D, Little P, Cooper C, Carr A, Stokes M – 2012 Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults *J Shoulder Elbow Surg.* (2013) 22(4), e11-9.
25. Wu G, van der Helm FC, Veeger HE, Makhsous M, Van Roy P, Anglin C. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *J Biomech* (2005) 38, 981-92.

### Fonti per le immagini:

- Fig. 1:  
Nitin B. J., Yamaguchi K. The contribution of reverse shoulder arthroplasty to utilization of primary shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg (2014) 23, 1905-1912.
- Fig. 2: Chirurgia della spalla di NEER (1992).
- Fig. 3:  
<http://cdn1.therxreview.com/wp-content/uploads/2015/03/figure-3.-glenohumeral-golf.jpg>
- Fig. 4:  
<http://www.matrixfitnessblog.it/wp-content/uploads/2015/01/movimentiarticolarzioni.jpg>
- Fig. 5:  
<http://www.fisioterapiarubiera.com/wp-content/uploads/2012/10/bigstock-Shoulder-bursa-bursitis-Alila.png>
- Fig. 6:  
[http://www.cibo360.it/images/cibo\\_salute/ortopedia/cuffia\\_rotatori.jpg](http://www.cibo360.it/images/cibo_salute/ortopedia/cuffia_rotatori.jpg)
- Fig. 7:  
<http://static1.squarespace.com/static/52b3817ce4b07a518c7f1322/t/53a5ed3fe4b0ca27a38b2a0f/1403383108415/rotator+cuff.png>
- Fig. 8:  
Chirurgia della spalla di NEER (1992).
- Fig. 9:  
<http://www.medisaluser.com/pdf/instabilita.pdf>

## ***RINGRAZIAMENTI***

Prof. Pero Benelli

Prof.ssa Elena Barbieri

Prof.ssa Elisabetta Falcieri

Prof. Fabio Massimo Botti

Dott. Roberto Tarducci

Dott. Pietro Chiarini

Dott.ssa Chiara Scafati