

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA

Facoltà di Medicina e Chirurgia

MASTER IN RIABILITAZIONE DEI DISTURBI MUSCOLOSCHELETRICI

anno accademico 2011-2012

Campus Universitario di Savona

Tecnologie a basso costo: affidabilità e potenzialità di utilizzo in riabilitazione.

Misurazione del rom di spalla con un controller per videogiochi.

Relatore: Manolo Migliorini

Candidato: Laura Ansaloni

Abstract

INTRODUZIONE

Nel campo della riabilitazione è di fondamentale importanza disporre di strumenti affidabili e preferibilmente a basso costo, per la misurazione del range di movimento delle articolazioni. I controller usati attualmente nel campo dei videogiochi sono dotati di sensori inerziali, in particolare accelerometri e giroscopi, che possono essere usati per misurare l'orientamento e la velocità angolare di segmenti corporei.

L'obiettivo di questo studio è lo sviluppo di un sistema di misurazione per il ROM attivo di spalla utilizzando un controller da gioco come inclinometro. Per valutare l'affidabilità dello strumento di valutazione, i risultati delle misurazioni angolari sono state confrontate con quelle ottenute da un sistema optoelettronico di analisi del movimento, strumento considerato gold standard per l'analisi cinematica in 3D.

METODI

È stata sviluppata un'interfaccia software per acquisire i dati dell'accelerometro triassiale presente nel controller Nintendo Wii Remote (NWR). I dati acquisiti sono stati inviati tramite bluetooth ad un computer, filtrati passa-basso a 5 Hz ed elaborati per calcolare l'angolo di inclinazione del NWR rispetto alla gravità.

Il protocollo sperimentale ha previsto la valutazione del ROM attivo di spalla in tre tipi di movimento: massima elevazione sul piano scapolare (MSE), abduzione a gomito flessione (GHA) e rotazione interna in abduzione (IRA). Nei primi due casi il NWR è stato posizionato sull'omero, nell'altro sull'avambraccio. Cinque volontari sani hanno partecipato allo studio effettuando cinque ripetizioni per tipo di movimento. Per verificare i risultati, sono state effettuate contemporaneamente acquisizioni di dati cinematici con il sistema VICON a 9 telecamere. I marker sono stati posizionati sia sul NWR che sui punti di repere anatomici predefiniti al fine di calcolare rispettivamente l'angolo di inclinazione del NWR e quello del segmento corporeo corrispondente.

DISCUSSIONE

L'inclinometro basato sul NWR mostra una buona accuratezza nella stima del ROM di spalla se confrontato con i risultati ottenuti dal sistema Vicon. In particolare nelle prove GHA e IRA

l'errore riscontrato risulta inferiore a 4 gradi. Nelle prove MSE l'errore sistematico risulta lievemente maggiore. Tuttavia la scarsa variabilità fra le prove in tutti i tipi di movimento dimostra l'ottima riproducibilità dello strumento.

CONCLUSIONI

E' possibile concludere che l'inclinometro basato sul NWR costituisce un sistema di valutazione del ROM di spalla affidabile, di facile utilizzo e a basso costo, ideale quindi per utilizzi clinici.

Indice

Capitolo 1. Introduzione

Capitolo 2. Materiali e metodi:

- Descrizione del controller e del software
 - Figura 1. La Console Wii assieme al controller Wiimote
 - Figura 2. Uso del Wiimote
 - Figura 3. Software
- Sistema di riferimento 3D
 - Figura 4. Il sistema Vicon
 - Figura 5. Una delle 9 telecamere
- Soggetti
- Disegno dello studio
 - Figura 6. NWR posizionato sull'omero nel movimento di elevazione (MSE)
 - Figura 7. NWR posizionato sull'omero nel movimento di abduzione (GHA)
 - Figura 8. NWR posizionato sull'omero nel movimento di intra-rotazione (IRA)
 - Figura 9. NWR con marker

Capitolo 3. Risultati

- Tabella 1. Misurazioni del ROM di spalla
- Figura 10. GHA
- Figura 11. IRA
- Figura 12. MSE
- Figura 13. Errore di inclinazione

Capitolo 4. Discussione

Capitolo 5. Conclusioni

Appendice A

1. Descrizione del protocollo di utilizzo dello strumento

Bibliografia

Capitolo 1: Introduzione

Clinici e ricercatori valutano continuamente i cambiamenti del paziente nel tempo. La valutazione dell'ampiezza di movimento (ROM) è importante 1) per la diagnosi di patologie a carico della spalla 2) per la valutazione della progressione del trattamento e della sua efficacia 3) per quantificare la variazione di movimento che si verifica (10). E' quindi fondamentale per clinici e ricercatori disporre di informazioni complete e pertinenti sull'affidabilità e accuratezza delle misurazioni del ROM. Scenari comuni che sorgono nella pratica clinica quotidiana evidenziano la necessità di determinare in modo attendibile il "vero" cambiamento della condizione dei pazienti. I clinici vogliono misurare i progressi compiuti nel corso del tempo rispetto al momento della prima valutazione e, allo stesso tempo, avere la possibilità di mettere in relazione le misure prese da diversi operatori quando la cura del paziente viene trasferita da un professionista ad un altro. Questi stessi problemi si presentano anche nell'ambito della ricerca quando in un progetto si richiede un'analisi dei dati da parte di più valutatori nel corso del tempo. Gli strumenti considerati "gold standard" per questo tipo di misurazione sono i sistemi optoelettronici per l'analisi 3D del movimento (VICON). Tuttavia essi si servono di attrezzature molto costose, non facilmente utilizzabili alla pratica clinica.

In studi precedenti è stata riportata un'ampia variabilità di affidabilità sia inter che intra esaminatore per la valutazione dell'ampiezza di movimento della spalla (2-5,9,10). Esistono una serie di strumenti progettati per misurare il range di movimento articolare: dalla semplice stima visiva, al goniometro manuale, alla cinematografia ad alta velocità. Secondo una revisione sistematica del 2010 condotta da van de Pol et al., l'affidabilità inter esaminatore per i movimenti passivi della spalla varia a seconda dello strumento utilizzato per la misurazione (9). In generale, misurare il ROM passivo utilizzando il goniometro o l'inclinometro, risulta più affidabile rispetto alla stima visiva. Si tratta comunque di risultati poco soddisfacenti considerando la grande importanza di tali aspetti in ambito clinico. In particolare lo studio condotto da Hayes et al. nel 2001 ha riportato valori appena accettabili sia per la correlazione intra esaminatore, sia inter esaminatore sull'uso del goniometro manuale (ICC medio per flessione, abduzione e rotazione interna = 0.67). E' stato calcolato che l'errore standard legato alla misurazione del ROM, va da 14 a 25 gradi per la correlazione inter-esaminatore e da 11 a 23 per la correlazione intra-esaminatore. Risulta chiaro che non si può essere soddisfatti di questi strumenti. Vi è una soglia al di sotto della quale la coerenza e la precisione di una misura è considerata compromessa

e cessa di essere clinicamente utile e informativa. Si raccomanda che i valori ICC debbano essere maggiori o uguali a 0,70 per essere considerati accettabili da uno strumento di misura clinicamente significativo.

La variabilità dell'affidabilità legata all'utilizzo di un goniometro standard potrebbe derivare dall'imprecisione con quale la goniometro viene posizionato sull'articolazione o anche per la mancata stabilizzazione della scapola nei movimenti rotatori, per cui si rende obbligatorio l'impiego di un secondo operatore.

A questi limiti cerca di porre rimedio un altro strumento di misura: l'inclinometro. Esso può essere manuale (a gravità) oppure digitale. Anche per questo strumento esiste una grande variabilità intra e inter esaminatore. L'uso di un protocollo standardizzato potrebbe tuttavia aumentare i valori di affidabilità grazie ad un effetto training (6). Per quanto riguarda studi che investigano l'utilizzo di un inclinometro digitale, non ce ne sono molti e quelli che ci sono, sono comunque piuttosto recenti, segno che è un ambito di ricerca ancora da esplorare. I risultati sull'affidabilità di questo strumento vanno da moderato a buono (7,8). Nonostante ciò, bisogna considerare l'aspetto negativo di questo strumento, ovvero il costo considerevolmente più alto rispetto agli inclinometri di gravità o i goniometri tradizionali. Ancora, lo zero dell'inclinometro digitale deve essere determinato dall'esaminatore e questo potrebbe introdurre un errore di misura se questa operazione non fosse effettuata con la massima accuratezza e precisione(7).

Con questo studio vogliamo introdurre un nuovo strumento di valutazione per la misura del Rom attivo della spalla: il controller da gioco della console Nintendo Wii -Wii Remote- (NWR), il quale contiene al suo interno sia un accelerometro modificato che un giroscopio.

In letteratura sono già stati pubblicati studi circa la trasformazione del Wiimote in un misuratore di inclinazione (1). Non è stata però ancora verificata la sua applicabilità in ambito clinico.

Rispetto ad altri strumenti, i vantaggi riguardano l'economicità, la praticità e la facilità di utilizzo e il fatto che sia disponibile per qualsiasi professionista.

L'obiettivo di questo studio è lo sviluppo di un sistema di misurazione per il rom attivo di spalla utilizzando un controller da gioco come inclinometro. Per valutare l'affidabilità dello strumento di valutazione, i risultati delle misurazioni angolari sono state confrontate con quelle ottenute da un sistema optoelettronico di analisi del movimento, strumento considerato gold standard per l'analisi cinematica in 3D.

Come secondo obiettivo ci proponiamo di stilare le raccomandazioni per il corretto uso dello strumento.

Capitolo 2: Materiali e metodi

Descrizione del controller e del software

Nintendo è una famosa azienda giapponese sviluppatrice di videogiochi e console. Fondata nel 1889, è passata dai giochi di carte e meccanici ai videogiochi agli inizi degli anni 80. Nel 2006 mette in commercio “Wii” (figura 4), che si differenzia dalle altre console presenti sul mercato, grazie al controller innovativo di cui dispone: il Wiimote (o Wii Remote).



Figura 1. La Console Wii assieme al controller Wii Remote

Il Wiimote ricorda, nella forma, un telecomando, ed è l'interfaccia mediante la quale un utente può interagire con il videogioco (figura 5). Si tratta di un dispositivo wireless che contiene al suo interno diversi sensori (di posizione, di accelerazione) che permettono di rendere molto realistico il videogioco. Il Wiimote è, dal punto di vista ingegneristico, un sistema di misura composto da: sensori, blocchi di elaborazione dei dati, moduli di comunicazione radio.



Figura 2. Uso del Wiimote

Nonostante il Wiimote sia progettato per funzionare solo con la console Wii, sono nati diversi progetti che mirano a costruire delle librerie software che permettono di mettere in comunicazione il Wiimote con normale computer. Una di queste librerie, chiamata Wiimotelib (disponibile sul sito wiimotelib.codeplex.com) permette la comunicazione via Bluetooth tramite lo standard HID e l'interpretazione dei dati (reports) inviati dal Wiimote. Utilizzando il linguaggio di programmazione C# è stata sviluppato un programma che utilizza la libreria Wiimotelib per accedere ai dati inviati dal controller, ovvero i valori di accelerazione misurati dall'accelerometro, le coordinate dei punti luminosi individuati dalla IR Camera, lo stato dei pulsanti ed il livello della batteria.

La Figura 6 mostra uno screenshot dell'interfaccia grafica sviluppata sulla base della libreria Wiimotelib ed utilizzata per le acquisizione dai dati. Il grafico mostra in tempo reale le 3 uscite dell'accelerometro triassiale, nelle componenti X, Y, Z in blu, rosso e verde rispettivamente.

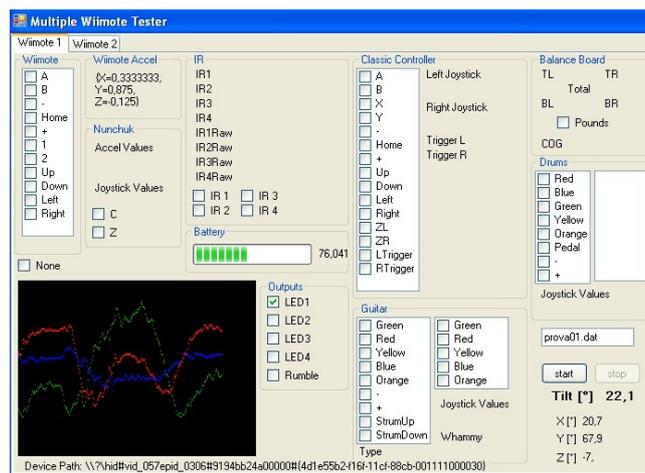


Figura 3. Software

Sistema di riferimento 3D

E' stato utilizzato un sistema optoelettronico, comunemente impiegato per l'analisi 3D del movimento, del tipo VICON 612 (Oxford Metrics) configurato a 9 telecamere IR (100Hz). Tale strumento permette di acquisire velocemente i dati e farne un'analisi estemporanea. I parametri di movimento vengono registrati dalle telecamere che le trasformano in coordinate 3D, fornendo un modello biomeccanico dei parametri cinematici e basato sui marker posti nei punti

di repere anatomici e rielaborati sul modello "Plug-In-Gait" Oxford Metrics. Il sistema Vicon può raggiungere livelli di accuratezza minori di $\pm 0,1$ mm. L'accuratezza dipende da diversi fattori, per esempio dal numero di telecamere, dalla loro posizione e dal posizionamento dei marker. Un maggior numero di telecamere permette una visione più ampia e precisa, riducendo al minimo il rischio di "zone d'ombra", i quali possono creare problemi alla processazione dinamica del modello 3D. Sono stati utilizzati marker passivi e sferici da 14 mm conformi al modello "Plug-In-Gait".



Figura 4. Il sistema Vicon



Figura 5. Una delle 9 telecamere

Soggetti

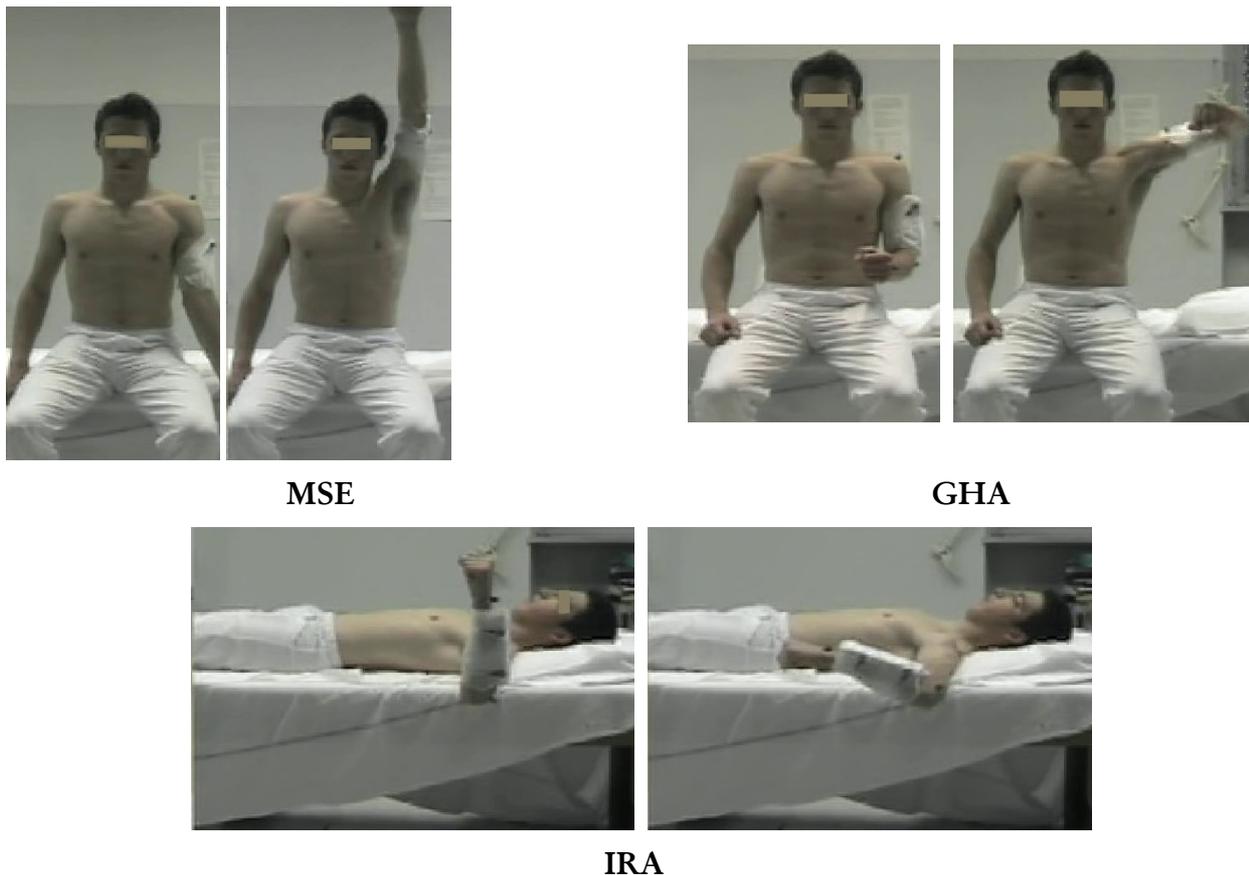
Un campione di 5 soggetti senza patologie di spalla è stato reclutato dallo staff dell'Ospedale San Francesco, Barga (Lu), Italia. Tutti i partecipanti hanno firmato un consenso informato.

I criteri di inclusione per partecipare a questo studio erano: un'età tra i 30 e i 50 anni; capacità di mantenere agevolmente la posizione supina e seduta; capacità di pieno movimento della spalla; totale assenza di dolore; normopeso. Sono stati esclusi dallo studio soggetti con dolore acuto di spalla o trauma recente, precedenti fratture di scapola o dell'omero prossimale, processi infiammatori acuti o sistemici.

I valutatori erano due fisioterapisti (A e B) con diverso grado di esperienza (2 e 10 anni) entrambi specializzati nella valutazione e trattamento di disordini muscolo scheletrici. Un bioingegnere si è occupato dello sviluppo del software di acquisizione dei dati e dell'analisi statistica degli stessi.

Disegno dello studio

Il protocollo sperimentale ha previsto la valutazione del ROM attivo di spalla in quattro tipi di movimento: massima elevazione sul piano scapolare (MSE), abduzione a gomito flesso (GHA), rotazione interna in abduzione (IRA) e rotazione esterna in abduzione. Nei primi due casi il NWR è stato posizionato sull'omero, nei restanti due sull'avambraccio. I dettagli per il posizionamento del paziente e dello strumento durante il test si trovano nell'Appendice A.



- Figura 6. NWR posizionato sull'omero durante il movimento di elevazione (MSE)
- Figura 7. NWR posizionato sull'omero durante il movimento di abduzione (GHA)
- Figura 8. NWR posizionato sull'avambraccio durante il movimento di intrarotazione (IRA)

Ogni partecipante è stato istruito a eseguire correttamente i movimenti richiesti. Sono state date indicazioni speciali a non attuare atteggiamenti compensatori (esempio bending del tronco, tilt eccessivi della scapola) per incrementare l'escursione di movimento. Le acquisizioni dei dati cinematici sono state effettuate con il NWR e con il sistema VICON a 9 telecamere contemporaneamente. I marker sono stati posizionati sia sul NWR che sui punti di reperi anatomici predefiniti al fine di calcolare rispettivamente l'angolo di inclinazione del NWR e quello del segmento corporeo corrispondente.



Figura 9. NWR con marker

Protocollo di utilizzo dello strumento

Vedi Appendice A.

Capitolo 3: Risultati

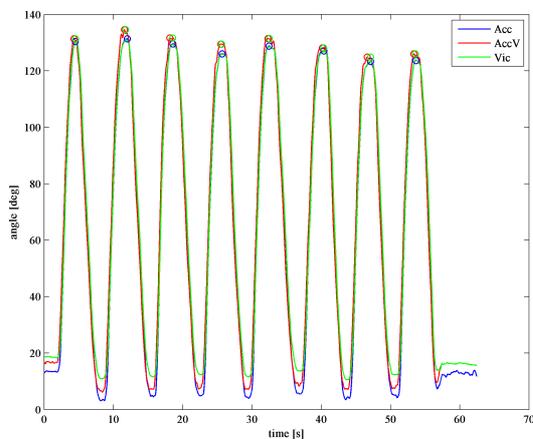
Tre donne e due uomini hanno partecipato allo studio. E' stata valutata sempre la spalla sinistra per l'esigenza di avere una buona visuale per le telecamere.

La Tabella 1. mostra i dati delle misurazioni del ROM di spalla dei cinque soggetti per i diversi movimenti di massima elevazione (MSE), abduzione gleno-omeroale (GHA) e intrarotazione con braccio abdotta a 90° (IRA).

	MSE [deg]			GHA [deg]			IRA [deg]		
	Acc	AccV	Vic	Acc	AccV	Vic	Acc	AccV	Vic
Sub 1	154.2	159.7	151.5	130.4	128.4	128.1	85.8	84.9	83.8
	(1.5)	(2.9)	(2.7)	(1.5)	(1.8)	(1.7)	(1.8)	(1.9)	(1.9)
Sub 2	133.1	124.8	118.4	97.9	97.0	95.7	94.0	93.6	90.8
	(2.5)	(1.9)	(1.6)	(1.8)	(1.7)	(1.8)	(2.3)	(2.3)	(2.1)
Sub 3	152.5	145.3	139.8	104.1	102.5	101.2	82.4	81.5	76.8
	(1.4)	(0.9)	(1.3)	(1.7)	(1.2)	(1.5)	(1.5)	(1.1)	(0.9)
Sub 4	162.1	166.6	158.4	102.7	100.8	98.6	78.6	78.6	74.0
	(0.8)	(0.8)	(0.9)	(4.4)	(5.5)	(3.5)	(3.1)	(2.5)	(3.0)
Sub 5	150.2	161.7	153.5	110.5	107.0	107.2	72.8	74.3	70.5
	(2.5)	(2.0)	(1.5)	(3.0)	(2.9)	(2.7)	(2.0)	(2.5)	(1.8)

- Tabella 1. Misurazioni del ROM di spalla. Valor medio (deviazione standard) delle prove effettuate.

Esiste una piccola variazione, sempre inferiore a 4 gradi, tra i dati acquisiti tramite l'accelerometro e tramite Vicon.



Le Figure 7. 8. e 9. sono i grafici che mostrano l'angolo misurato nelle diverse prove eseguite in successione di misura nei tre movimenti analizzati: la curva blu si riferisce ai dati registrati dall'accelerometro (Acc); la curva rossa all'angolo calcolato con Vicon dai marker posti sull'accelerometro (AccV); la curva verde l'angolo calcolato con Vicon dai marker posizionati sui punti di repere anatomici(Vic).

Figura 10. GHA

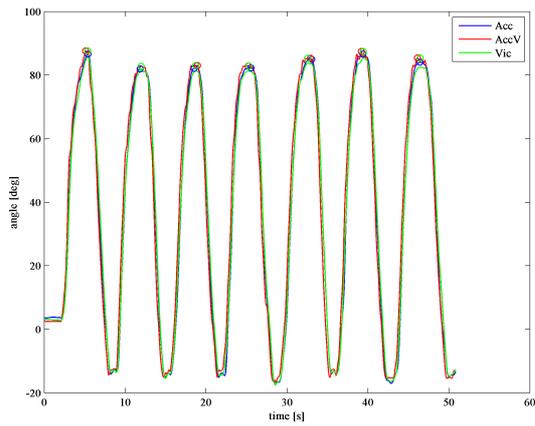


Figura 11. IRA

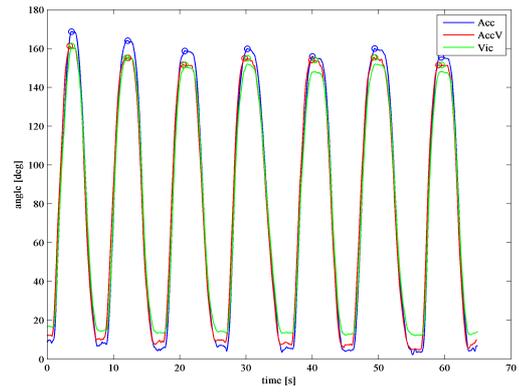


Figura 12. MSE

Non è presente il grafico relativo alla misura del movimento di extrarotazione con braccio abdotto a 90° poiché durante l'esecuzione del movimento (testato dalla posizione supina) venivano coperti alcuni marker impedendo l'acquisizione completa dei dati.

La figura 10. mostra il grado dell'errore confrontando i dati dell'accelerometro con quelli di Vicon. Le differenze maggiori si sono riscontrate per il movimento MSE.

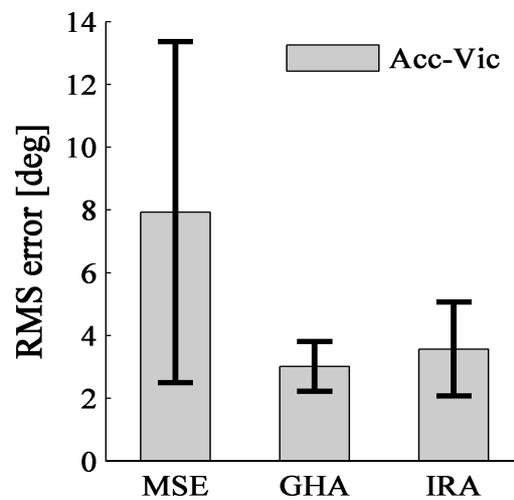


Figura 13. Errore di inclinazione

Capitolo 4: Discussione

L'inclinometro basato sul NWR mostra una buona accuratezza nella stima del ROM di spalla se confrontato con i risultati ottenuti dal sistema Vicon. In particolare nelle prove GHA e IRA l'errore riscontrato risulta inferiore a 4 gradi. Nelle prove MSE l'errore sistematico risulta lievemente maggiore. Questa differenza può essere spiegata in parte dalle caratteristiche morfologiche di ogni paziente, infatti la dimensione delle masse muscolari comporta il fatto che l'accelerometro registri una variazione di ROM leggermente diversa rispetto ai marker posti sulla superficie cutanea. Un ulteriore contributo all'errore sistematico misurato può essere dovuto all'ipotesi che il sistema di riferimento dell'accelerometro triassiale e il case del NWR, schematizzabile con parallelepipedo, siano allineati. Un lieve disallineamento produrrebbe comunque un errore sistematico.

Tuttavia, se consideriamo le basse deviazioni standard ottenute, imputabili principalmente alla variabilità nell'esecuzione del movimento, possiamo notare che l'errore sistematico risulta abbastanza costante. Possiamo quindi sostenere che il sistema è dotato di elevata precisione. L'utilizzo combinato del sistema di analisi Vicon ci ha permesso di verificare che, anche se le misure registrate dal sistema NWR non corrispondono al valore "vero" del ROM di movimento studiato, esse hanno un offset di misura che è sempre costante. Il dato si dimostra perciò poco accurato ma molto preciso.

E' ragionevole pensare di poter mantenere questo offset costante nel tempo standardizzando al massimo le modalità di misura, arrivando a definire un protocollo di utilizzo sempre più riproducibile. Questo aspetto risulta di fondamentale importanza nella pratica clinica se consideriamo la necessità di poter confrontare le valutazioni di un soggetto a diversi istanti temporali, ovvero sedute di trattamento.

Per comprendere a fondo il significato e la rilevanza dei risultati di questo studio bisogna considerarne anche i limiti: le diverse prove per ogni movimento sono state effettuate in successione, senza riposizionare il NWR per ogni singola prova.

Ipotizziamo che il NWR non si sia mosso durante l'esecuzione delle diverse prove per lo stesso movimento (anche perché si sarebbero registrati valori variabili e incostanti), ma allo stesso tempo non possiamo dimostrare con certezza che non ci siano state variazioni, anche se minime, del posizionamento del controller su braccio e avambraccio.

Per verificare l'affidabilità di questo strumento di valutazione ci si è basati sul confronto tra i risultati delle misurazioni angolari ottenuti da un sistema optoelettronico di analisi del

movimento, strumento considerato gold standard per l'analisi cinematica in 3D. In questo contesto non è stato possibile valutare l'affidabilità inter-rater, ovvero verificare se esistono differenze significative legate al posizionamento del NWR da parte di operatori diversi. Tuttavia possiamo ipotizzare di trovare anche su questo aspetto alti livelli di affidabilità. Se l'operatore si attiene a delle precise raccomandazioni in termini di posizionamento del NWR, ciò non dovrebbe costituire un problema. L'abilità richiesta al professionista si limita a riconoscere alcuni punti di repere anatomici. Questo è uno dei motivi che rende di facile utilizzo tale strumento. Per dimostrare l'affidabilità inter-rater sarebbe utile elaborare un disegno di studio che comprenda lo stesso set di misurazioni effettuate sugli stessi soggetti da operatori diversi e successivamente provvedere ad un'analisi dei dati che ponga a confronto i diversi risultati.

La prova di confronto con Vicon potrebbe in un futuro essere portata avanti testando altri movimenti, come per esempio l'extrarotazione. In questo caso non è stato possibile ricostruire il modello 3D per questo movimento poiché siamo andati incontro ad un problema di "zone d'ombra", ovvero di oscuramento di alcuni marker. Come soluzione si potrebbero impiegare posizionamenti diversi del paziente in modo che durante il movimento la visuale delle telecamere non abbia nessun possibile impedimento.

Capitolo 5: Conclusioni

Il sistema di misurazione del ROM tramite NWR si è dimostrato vantaggioso sia dal punto di vista della praticità di utilizzo che dal tempo minimo richiesto per l'applicazione. Un'analisi compiuta tramite il sistema Vicon richiede la calibrazione dello strumento, l'applicazione dei marker sui punti di repere e solo infine la reale acquisizione dei dati. Utilizzando il WiiRemote control la misurazione si conclude in tempi di gran lunga minori, costituendo un vantaggio per l'applicazione in ambito clinico. Altro aspetto positivo di questo strumento è il costo notevolmente ridotto rispetto al sistema di telecamere Vicon. Un controller da gioco come quello utilizzato in questo studio è disponibile sul mercato e acquistabile da qualsiasi professionista. Il software sviluppato per la registrazione e l'analisi dei dati è scaricabile da internet e permette un utilizzo immediato. Per tutte queste ragioni l'inclinometro basato sul NWR risulta una valida alternativa al sistema Vicon per quanto riguarda la valutazione del Rom della spalla.

Anche rispetto ai tradizionali strumenti di misura, come l'inclinometro (digitale o a gravità) o il goniometro, l'inclinometro basato sul NWR presenta alcuni vantaggi. Grazie al software che

permette al controller di comunicare con il computer è possibile registrare i dati e creare un database di misurazioni per ogni paziente.

Ancora, basta un unico operatore per portare a termine la valutazione. Poiché il NWR va applicato direttamente sul segmento corporeo, le mani libere possono essere utilizzate per stabilizzare le articolazioni adiacenti (per esempio nelle rotazioni da seduto, stabilizzare la scapola). E' possibile concludere che l'inclinometro basato sul NWR costituisce un sistema di valutazione del ROM di spalla affidabile, di facile utilizzo e a basso costo, ideale quindi per utilizzi clinici.

Appendice A

Dettagli sul posizionamento del paziente e del sensore durante i test di misurazione

<u>Abduzione completa (MSE)</u>	<p>Posizione paziente: seduto con arto superiore in posizione di riferimento. Il movimento è compiuto dall'omero sul piano scapolare (30° in avanti rispetto al piano frontale) a gomito esteso e comprende anche il movimento della scapola durante gli ultimi gradi.</p> <p>Posizione Wiimote: posizionato in riferimento all'asse longitudinale dell'omero (linea congiungente apice acromion ed epicondilo omerale) al di sotto della "V" deltoidea.</p>
<u>Abduzione glenomerale (GHA)</u>	<p>Posizione paziente: seduto con arto superiore in posizione di riferimento, gomito flesso a 90°. Il movimento è compiuto sul piano frontale e tracciato dal gomito.</p> <p>Posizione Wiimote: posizionato in riferimento all'asse longitudinale dell'omero (linea congiungente apice acromion ed epicondilo omerale) al di sotto della "V" deltoidea.</p>
<u>Intra rotazione a 90° di abduzione (IRA)</u>	<p>Posizione paziente: supino con braccio abdotto a 90° in appoggio sul letto ma con il gomito fuori dal bordo. Gomito flesso a 90°. Avambraccio in posizione neutra. La posizione di partenza è con l'avambraccio sulla verticale.</p> <p>Posizione Wiimote: posizionato</p>

	sull'avambraccio sull'asse ideale dell'avambraccio (linea congiungente epicondilo omerale ed osso semilunare).
<u>Extra rotazione a 90° di abduzione</u>	<p>Posizione paziente: supino con braccio abdotto a 90° in appoggio sul letto ma con il gomito fuori dal bordo. Gomito flesso a 90°. Avambraccio in posizione neutra. La posizione di partenza è con l'avambraccio sulla verticale.</p> <p>Posizione Wiimote: posizionato sull'avambraccio sull'asse ideale dell'avambraccio (linea congiungente epicondilo omerale ed osso semilunare).</p>

- Le acquisizioni venivano effettuate dalla posizione di partenza (P0) e dalla posizione finale (P1) ripetute per 5 volte.
- Il sensore è stato fissato al corpo con nastro biadesivo e stabilizzato con il nastro salva pelle.
- Durante le misurazioni venivano somministrati feedback sulla corretta esecuzione del movimento.

Capitolo 6: Bibliografia

- 1) Daniele Rucatti, Sara Giorgi. Sviluppo di applicazioni basate su Wiimote per scopi didattici. Università degli studi di Padova. Anno accademico 2009-2010.
- 2) Dan L Riddle, Jules M Rothstein and Robert L Lamb. Gonimetric Reliability in a Clinical Setting: Shoulder Measurements. Phys Ther. 1987;67:668-673.
- 3) Green S, Buchbinder R, Forbes A, Bellamy N. A standardized protocol for measurement of range of movement of the shoulder using the plurimeter-V inclinometer and assessment of its

intrarater and interrater reliability. *Arthritis Care Res.* 1998 Feb;11(1):43-52.

4) Hayes Kimberly, Walton Judie R, Zoltan L Szomor and George AC Murrell. Reliability of 5 methods for assessing shoulder range of motion. *Australian Journal of Physiotherapy* 2001 Vol. 47

5) Hill AM, Bull AM, Dallalana RJ, Wallace AL, Johnson GR. Glenohumeral motion: review of measurement techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007 Sep;15(9):1137-43. Epub 2007 Apr 13.

6) J L Hoving, R Buchbinder, S Green, A Forbes, N Bellamy, C Brand, R Buchanan, S Hall, M Patrick, P Ryan, A Stockman. How reliably do rheumatologists measure shoulder movement? *Ann Rheum Dis.* 2002 Jul;61(7):612-6.

7) Kolber MJ, Vega F, Widmayer K, Cheng MS. The reliability and minimal detectable change of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer. *Physiother Theory Pract* 2011 Feb; 27(2):176-84. Epub 2010 Aug 8.

8) Mullaney MJ, McHugh MP, Johnson CP, Tyler TF. Reliability of shoulder range of motion comparing a goniometer to a digital level. *Physiother Theory Pract.* 2010 Jul;26(5):327-33.

9) Rachel J van de Pol, Emiel van Tuijffel and Cees Lucas. Inter-rater reliability for measurement of passive physiological range of motion of upper extremity joints is better if instruments are used: a systematic review. *Journal of Physiotherapy* 2010 56:7-17

10) SW. Miur, Corea CL, Beupre L. Evaluating change in clinical status: reliability and measures of agreement for the assessment of glenohumeral range of motion. *N Am J Sports Phys Ther.* 2010 Sep;5(3):98-110.