UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA

campus savona

Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A 2013/2014

Campus Universitario di Savona

EFFETTO DELL'ALLENAMENTO DEI MUSCOLI FISSATORI SULLA PRESTAZIONE DEI MUSCOLI AGONISTI

Candidato:
Matteo Locatelli
matricola 4017983

Relatore:
Dott. Marco Testa
Correlatore:
Dott. Roberto Gatti

EFFETTO DELL'ALLENAMENTO DEI MUSCOLI FISSATORI SULLA PRESTAZIONE DEI MUSCOLI AGONISTI

Introduzione

In letteratura vi sono studi che dimostrano come un allenamento dei muscoli stabilizzatori del tronco e degli arti inferiori comporti, tra gli altri benefici, un miglioramento delle capacità funzionali degli arti inferiori. Tuttavia tali studi non dimostrano l'effetto di un allenamento motorio selettivo dei muscoli fissatori sull'esecuzione del gesto in cui essi intervengono come fissatori.

Obiettivo

Lo scopo dello studio è quello di verificare se il rinforzo selettivo dei muscoli fissatori di un determinato gesto comporti un aumento della forza e della resistenza espresse dagli agonisti.

Materiali e Metodi

Trenta soggetti sono stati inseriti in due gruppi, sperimentale e controllo, composti da 15 soggetti ciascuno. Entrambi i gruppi hanno svolto nove sedute di rinforzo muscolare: il gruppo sperimentale ha allenato il muscolo gran dorsale mentre il gruppo controllo il muscolo gran pettorale. Prima e dopo il periodo di allenamento i soggetti svolgevano dei test di forza massimale e resistenza dei muscoli ischiocrurali e del muscolo gran dorsale (gruppo sperimentale) o gran pettorale (gruppo controllo).

Risultati

Prima degli allenamenti i valori di forza e resistenza degli ischiocrurali non risultano differenti tra i due gruppi ($P>0.05$). Successivamente al periodo di allenamento entrambi i gruppi hanno migliorato forza e resistenza dei muscoli allenati ($P<0.05$). Il gruppo sperimentale, a seguito del periodo di allenamento, ha riportato un aumento significativo dei valori di forza e resistenza dei muscoli ischiocrurali rispetto al gruppo di controllo ($P<0.05$).

Conclusioni

Il rinforzo selettivo dei muscoli fissatori di un determinato gesto comporta un aumento della forza massimale e della resistenza espresse dagli agonisti.

INDICE

1. Introduzione……3
2. Razionale dello studio……..7
3. Obiettivo…….. 7
4. Materiale e metodi……....8
4.1 Disegno dello studio……..... 8
4.2 Caratteristiche dei soggetti……8
4.3 Allenamento…….....9
4.3.1 Gruppo sperimentale……... 9
4.3.2 Gruppo di controllo……11
4.4 Outcomes……... 12
4.4.1 Outcomes principali……..... 12
4.4.2 Outcomes secondari……..... 14
5. Analisi statistica……...15
6. Risultati……16
7. Discussione…….. 18
8. Conclusioni…….....20
9. Bibliografia…….. 21
10. Figure……26

1. INTRODUZIONE

Il movimento è il risultato di una complessa interazione tra forze interne ed esterne al corpo e la cinesiologia utilizza una nomenclatura specifica per definire le azioni e le funzioni muscolari. Le azioni muscolari definiscono le contrazioni dei muscoli ed il movimento dei capi articolari ai quali quest'ultimi si collegano. Le azioni muscolari dipendono dal momento motore sviluppato dal muscolo, dal momento resistente sviluppato dal peso del segmento mosso e dalle forze esterne ad esso applicato. Quando il momento motore supera il momento resistente vi è un'attivazione muscolare concentrica; durante la contrazione il muscolo si accorcia ed i capi articolari vengono avvicinati tra loro, il lavoro sviluppato dal muscolo è positivo poiché il moto dei capi articolari ed il momento angolare sviluppato dal muscolo sull'articolazione seguono la stessa direzione. Ad esempio se si attiva il muscolo quadricipite e si ottiene un'estensione di ginocchio allora si ha un'attivazione muscolare concentrica **[Peng et al. 2013]**. Un'attivazione eccentrica avviene invece quando il muscolo sviluppa un momento motore minore del momento resistente; il muscolo si allunga e la distanza tra i capi articolari aumenta, il lavoro sviluppato dal muscolo è negativo poiché i capi articolari descrivono un movimento rotatorio opposto al momento angolare sviluppato dal muscolo sull'articolazione. Ad esempio se si attiva il muscolo quadricipite ed, a causa di una forza esterna, avviene una flessione di ginocchio si ha un'attivazione muscolare eccentrica; in questo caso sul ginocchio il momento resistente flessorio è maggiore del momento motore estensorio **[Peng et al. 2013]**. Vengono infine definite azioni muscolari isometriche tutte quelle contrazioni muscolari che non provocano movimento; vi è in questo caso uguaglianza tra il momento motore ed il momento resistente, il lavoro sviluppato dal muscolo è nullo poiché non vi è movimento. Ad esempio, stringendo una palla tra le ginocchia, gli adduttori d'anca si contraggono bilateralmente eseguendo una contrazione isometrica **[Peng et al. 2013]**. Le diverse attività muscolari vengono utilizzate in molti programmi di allenamento o utilizzate come test per la registrazione della forza muscolare **[Akima et al. 2013; Power et al. 2012; Irish et al. 2010; Maffiuletti et al. 2007; Mjølsnes et al. 2004]**.

Le funzioni muscolari invece definiscono il ruolo dei muscoli durante i movimenti volontari. Un muscolo è agonista quando è il principale motore dell'azione desiderata.

L’antagonista è il muscolo che si oppone o che potrebbe opporsi al movimento desiderato; esso durante l’azione dell’agonista è inattivo, ma, se richiesto volontariamente o involontariamente (in situazioni lesive per l’articolazione o per decelerare il movimento), si attiva e contrasta l’agonista **[Schache et al. 2012; Mjølsnes et al. 2004; Agree et al. 1985]**. Il muscolo fissatore durante l’azione volontaria si oppone ai movimenti indesiderati causati dall’agonista. L’agonista infatti contraendosi tende ad avvicinare entrambi i capi articolari ai quali si collega ma se uno dei due capi non dovesse muoversi il fissatore interverrebbe per mantenerlo stabile; la contrazione del fissatore è isometrica proprio perché non deve produrre movimento. I muscoli possono inoltre svolgere le loro funzioni (agonisti, antagonisti e fissatori) in sinergia con altri muscoli, si parla quindi di muscolo principale e di muscoli secondari o sinergici per una determinata funzione **[Wakeling et al. 2010]**. Per poter osservare le funzioni muscolari si può prendere come esempio la flessione di ginocchio destro in posizione seduta: nell’esecuzione del gesto si attivano i muscoli ischiocrurali di destra come agonisti. Tali muscoli contraendosi non solo comportano una flessione di ginocchio ma anche una retroversione di bacino. Ad evitare la retroversione di bacino intervengono i muscoli fissatori che producono un momento antiversorio tale da opporsi alla retroversione e fissare il bacino; uno di questi fissatori è il muscolo gran dorsale. Le attivazioni descritte sono osservabili in esercizi come il “leg curl” o il “nordic hamstrings”; due esercizi specifici per l’allenamento dei flessori di ginocchio in cui è richiesta una fissazione del bacino in modo da avere un carico costante sugli ischiocrurali **[Schache et al. 2012]**. Non solo nell’esempio descritto ma in molti gesti sono presenti agonisti e fissatori come ad esempio durante la retroversione di bacino ad anche e ginocchia flesse, mantenendosi ad un’asta fissata al soffitto; gli addominali sono agonisti del gesto in quanto retrovertono il bacino mentre la muscolatura degli arti superiori provvede alla fissazione della parte superiore del tronco e della gabbia toracica alla quale si inseriscono gli addominali **[Monfort-Pañego et al. 2009]**. Un altro esempio è il “Power Wheel roll-out”: la posizione di partenza per questo esercizio è in quadrupedia con anche e ginocchia a 90° e con le braccia estese in avanti tenendo tra le mani una rotella. Dalla posizione di partenza si deve far avanzare la rotella estendendo leggermente le anche e flettendo leggermente le spalle ed infine tornare in quadrupedia; durante tutto il gesto deve essere evitata l’antiversione di bacino e l’estensione della

colonna lombare. Il “Power Wheel roll-out” utilizza gli addominali come fissatori e gli agonisti del gesto sono la muscolatura estensoria delle spalle e flessoria d’anca **[Escamilla et al. 2006]**. Gli agonisti ed i fissatori possono anche invertire il loro ruolo durante l’esecuzione di un gesto come ad esempio avviene durante il “trunk-curl”. Il “trunk-curl” è un gesto in cui è richiesta la flessione della colonna dorsale e successivamente della colonna lombare partendo dalla posizione supina, con lo scopo di sollevare la parte dorsale del tronco dal piano. Gli agonisti del movimento sono i muscoli della parete addominale, in particolare il retto addominale, mentre i fissatori sono i flessori d’anca. I fissatori, antiversori di bacino, intervengono limitando la retroversione di bacino causata dagli agonisti. Questi muscoli possono invertire la loro funzione se si prosegue il ”trunk-curl” fino a sollevare dal piano anche il tratto lombare della colonna; in questo caso gli addominali fissano il bacino in retroversione mentre i flessori d’anca, antiversori di bacino, concludono il gesto fungendo da agonisti **[Norris et al. 1993; Monfort-Pañego et al. 2009]**. Gli stessi muscoli utilizzati nel “trunk-curl” invertono il loro ruolo non solo nella prosecuzione del gesto ma anche durante l’esecuzione di un gesto diverso come il bilateral-straight-leg-raise. Il gesto richiede, partendo dalla posizione supina, di flettere entrambe le anche mantenendo le ginocchia estese. Agonisti del movimento sono i flessori d’anca mentre i fissatori sono gli addominali. I muscoli ileo-psoas, eseguono il gesto grazie alla fissazione del tratto lombare svolto dalla parete addominale. Si osserva però che bloccando il tratto lombare in iperlordosi il gesto sarebbe comunque eseguibile senza l’ausilio dei fissatori, tuttavia il movimento stresserebbe eccessivamente le faccette articolari della colonna lesionandole **[Norris et al. 1993; Monfort-Pañego et al. 2009]**. L’ agonista senza il fissatore potrebbe causare problemi articolari o addirittura erogare meno forza durante il gesto: per questo motivo in molti test muscolari si preferisce fornire una fissazione dall’esterno, attraverso l’utilizzo di cinghie **[Laheru et al. 2007; Maffiuletti et al. 2007]** o tramite la fissazione da parte di un operatore **[Kubota et al. 2013]**. L’attivazione dell’agonista è quindi strettamente correlata con quella del fissatore nell’esecuzione di un gesto; si osserva infatti attraverso l’elettromiografia di superficie, in gesti come il “bilateral-straight-leg-raise”, che all’aumentare della forza erogata dagli agonisti corrisponde una maggiore attivazione dei fissatori: aumentano i picchi elettromiografici dei principali fissatori e vengono reclutati anche altri muscoli della

parete addominale. Si nota inoltre che i valori elettromiografici sono maggiori in soggetti con scarso controllo dei movimenti di bacino. L'attivazione dei fissatori è quindi direttamente proporzionale all'attivazione degli agonisti ma sia agonisti che fissatori dipendono dal controllo neuromotorio che il soggetto possiede **[Hubley-Kozey et al. 2010]**.

Il controllo neuromotorio permette di variare il "timing" ed il "pattern" di attivazione dei muscoli in modo da variare la velocità e la forza durante un'azione rendendo così il gesto accurato e meno dispendioso; inoltre maggiore è la coordinazione, maggiore è la forza che può essere erogata durante il gesto **[Wakeling et al. 2010]**. L'agonista ha quindi un potenziale di forza esprimibile totalmente solo se vi fosse una buona fissazione ed una buona coordinazione neuromuscolare che controlli le attività dei due muscoli. Naturalmente il potenziale di forza erogabile dall'agonista può essere migliorato attraverso diversi programmi e metodi di allenamento **[Weier et al. 2012, Pearce et al. 2012; Munn et al. 2005]** ed anche la coordinazione neuromotoria sembrerebbe allenabile nell'esecuzione di un gesto specifico **[Cormie et al. 2011]**.

2. RAZIONALE DELLO STUDIO

Le diverse tipologie di allenamento alla resistenza e/o alla forza del muscolo agonista presenti in letteratura utilizzano prevalentemente attivazioni dirette di tale muscolo. Vi sono studi che dimostrano come un allenamento dei muscoli stabilizzatori del tronco e degli arti inferiori (addominali, erettori di colonna, abduttori, etc.) comporti, tra gli altri benefici, un miglioramento delle capacità funzionali degli arti inferiori. Tuttavia in questi studi non vengono allenati singolarmente i muscoli fissatori di un determinato gesto, ma anzi tutti i principali muscoli stabilizzatori del tronco e degli arti inferiori ottenendo così un effetto su più gesti. Non è quindi possibile distinguere quanto gli effetti siano dovuti all'allenamento dei muscoli fissatori o degli agonisti **[Baldon et al. 2012, Dupeyron et al. 2013, Schilling et al. 2013]**. In letteratura non vi sono quindi studi che dimostrino l'effetto di un allenamento motorio selettivo dei muscoli fissatori sull'esecuzione del gesto in cui essi intervengono appunto come fissatori. Questo effetto si potrebbe basare su due considerazioni.

La prima è che un aumento della capacità di reclutamento dei muscoli fissatori, a seguito di un allenamento selettivo degli stessi **[Munn et al. 2005]**, possa comportare un miglioramento del pattern di attivazione durante l'esecuzione del gesto in cui questi muscoli sono attivati come fissatori.

La seconda è che un aumento della stenia dei muscoli fissatori, a seguito di un allenamento selettivo degli stessi **[Munn et al. 2005]**, possa comportare un maggior allungamento del muscolo agonista attivato durante l'esecuzione del gesto in cui questi muscoli vengono reclutati come fissatori.

3. OBIETTIVO

L'obiettivo dello studio è quello di verificare se il rinforzo selettivo dei muscoli fissatori di un determinato gesto comporti un aumento della forza e della resistenza espresse dagli agonisti.

4. MATERIALI E METODI

4.1 Disegno dello studio

Lo studio è stato sviluppato seguendo un disegno fattoriale 2x2:

- Fattore allenamento: fissatore, non-fissatore.
- Fattore tempo: pre-allenamento, post-allenamento.

I soggetti sono stati suddivisi in due gruppi, sperimentale e controllo, con un allocation ratio di 1:1. L'inserimento dei soggetti nei gruppi è stato randomizzato al momento del reclutamento.

4.2 Caratteristiche dei soggetti

Sono stati reclutati 30 soggetti, 16 femmine e 14 maschi. Ogni gruppo era formato da 15 soggetti, 8 femmine e 7 maschi; i dati dei soggetti, espressi in media e deviazione standard, sono stati raggruppati nella tabella 1 presente nel paragrafo Risultati.

I soggetti sono stati reclutati tra gli studenti dell'Università Vita Salute San Raffaele ed i dipendenti dell'Ospedale San Raffaele. I soggetti non dovevano essere sportivi abituali, dovevano avere un età compresa tra i 18 ed i 35 anni e non dovevano avere nessuna patologia ortopedica, neurologica o cardiaca accertata al momento dell'inclusione nello studio. I soggetti sono stati messi al corrente sul tipo di attività che avrebbero svolto ed hanno accettato di partecipare allo studio propostogli firmando un consenso informato.

I soggetti hanno successivamente compilato un modulo in cui hanno riportato i propri dati: dati anagrafici, peso, altezza, arto inferiore dominante e attività fisica praticata.
Durante il periodo di studio è stato chiesto ai soggetti di continuare a svolgere le proprie ordinarie attività. Gli allenamenti ed i test prima e dopo gli allenamenti sono stati svolti presso la palestra del dipartimento di medicina riabilitativa dell'Ospedale San Raffaele di Milano.

4.3 Allenamento

4.3.1 Gruppo sperimentale

Il gruppo sperimentale era composto da 15 soggetti, 7 maschi e 8 femmine. I soggetti del gruppo sperimentale hanno allenato il muscolo gran dorsale bilateralmente utilizzando la macchina di rinforzo "pull over" (Fig. 1).

I soggetti dovevano eseguire delle estensioni delle spalle vincendo una resistenza fornita dalla macchina; la resistenza veniva svolta da una colonna di pesi posta posteriormente alla macchina. Il peso complessivo della colonna era di 100 Kg, diviso in 20 pesi da 5 Kg ma potevano anche essere aggiunti dei pesi da 1 Kg per poter selezionare la resistenza più adeguata al soggetto. Prima che il soggetto utilizzasse la macchina, un operatore regolava il sedile in base all'altezza del soggetto: egli doveva sedersi e far aderire schiena e testa allo schienale, l'operatore regolava l'altezza del sedile in modo che la linea passante per il centro di rotazione delle spalle fosse allineata con la linea passante per il centro di rotazione delle leve della macchina (Fig. 2). La seduta con schiena e testa poggiata doveva essere mantenuta durante il gesto (Fig. 3). Intorno al bacino veniva stretta una fascia per evitare ulteriori movimenti che potessero variare la seduta (Fig. 1).

La macchina aveva un punto fisso ove iniziare il movimento, ma non aveva un punto di fine movimento che i soggetti potessero avvertire in maniera netta; la macchina è stata quindi adattata per lo studio in modo da ottenere un punto di fine movimento standardizzato tra i soggetti. Il limite di fine movimento si è avuto applicando un nastro anelastico su di un lato della macchina: il nastro permetteva l'estensione delle spalle partendo da 170° di flessione ed arrivando a 10° di estensione. In questo modo i soggetti avvertivano il limite e sapevano se il gesto era stato completato (Fig. 1). Un ulteriore accorgimento è stato aggiunto alla posizione dei soggetti: l'allenamento è stato svolto utilizzando la fascia lombare pelvica sopra descritta ed inoltre i soggetti poggiavano i piedi su di un gradino (Fig. 3). Gli accorgimenti alla posizione dei soggetti servivano ad evitare che durante l'attivazione del muscolo gran dorsale (antiversore di bacino) si attivassero i muscoli ischiocrurali (retroversori di bacino), i quali venivano valutati come agonisti negli outcomes principali. La fascia lombare pelvica oltre ad evitare variazioni della seduta manteneva il bacino fissato, mentre l'appoggio per i piedi

serviva a tenere le gambe ferme mantenendo una posizione confortevole durante l'esecuzione del gesto (Fig. 3 cerchiato in rosso).

L'allenamento è stato svolto per 3 sedute a settimana per una durata complessiva di 3 settimane partendo dal giorno d'inizio degli allenamenti; tra le sedute di allenamento vi era un giorno di pausa, ma qualora un soggetto avesse perso un allenamento lo avrebbe recuperato nel giorno di pausa **[Pearce et al. 2012]**. Durante il fine settimana non venivano eseguiti allenamenti, vi erano quindi 2 giorni di pausa tra una settimana di allenamento e l'altra. I soggetti eseguivano 4 serie da 8-10 ripetizioni, con 3 minuti di pausa tra le serie. Il carico utilizzato è stato del 70% del carico massimale registrato prima degli allenamenti (la metodica di registrazione utilizzata è descritta nel paragrafo "outcomes"). La sessione di allenamento veniva considerata completa quando i soggetti eseguivano almeno 4 serie da 8 ripetizioni (32 ripetizioni). Quando la seduta era stata completata la resistenza veniva aumentata del 5% in quella successiva, in caso contrario la resistenza rimaneva invariata. In ogni allenamento successivo ad una seduta completa, il carico non aumentava se il soggetto dichiarava di avvertire eccessivo dolore ai gruppi muscolari allenati. Ogni allenamento veniva ripetuto nel caso non fosse stato superato il numero minimo di 20 ripetizioni. Precedentemente ad ogni seduta veniva svolto un riscaldamento di 5 minuti eseguito con un cicloergometro a braccia a bassa resistenza. Uno stretching delle aree interessate dall'allenamento veniva svolto per almeno 20 secondi prima e dopo l'allenamento. Lo stretching del muscolo gran dorsale è stato eseguito bilateralmente da un operatore utilizzando la macchina di allenamento: i soggetti assumevano la posizione di allenamento e l'operatore spingeva le leve della macchina in direzione opposta alla direzione di allenamento; la spinta era lenta e costante fino al punto in cui i soggetti avevano una sensazione di trazione tollerabile ed al di sotto della soglia dolorosa **[McHugh et al. 2010]**. Quando il soggetto raggiungeva tale posizione essa veniva mantenuta per 20 secondi e successivamente vi era un ritorno graduale alla posizione di partenza (Fig. 4). Durante lo stretching l'operatore chiedeva al soggetto di mantenere il tronco e la testa adesi allo schienale della macchina e osservava comunque se vi erano variazioni della posizione del soggetto.

4.3.2 Gruppo di controllo

Il gruppo controllo era composto da 15 soggetti, 7 maschi e 8 femmine. I soggetti del gruppo di controllo hanno allenato il muscolo gran pettorale bilateralmente utilizzando la macchina di rinforzo "pectoral machine" (Fig. 5).

I soggetti dovevano eseguire delle flessioni orizzontali delle spalle vincendo una resistenza fornita dalla macchina; la resistenza veniva svolta da una colonna di pesi posta posteriormente alla macchina. Il peso complessivo della colonna era di 70 Kg, diviso in 14 pesi da 5 Kg ma potevano anche essere aggiunti dei pesi da 1 Kg per poter selezionare la resistenza più adeguata al soggetto. Prima che il soggetto utilizzasse la macchina, un operatore regolava il sedile in base all'altezza del soggetto: egli doveva sedersi e far aderire schiena e testa allo schienale, l'operatore regolava l'altezza del sedile facendo si che le braccia del soggetto posizionate sulle leve della macchina avessero un angolo di abduzione e di rotazione esterna delle spalle di 90°, i gomiti flessi a 90° e che le mani stringessero uno dei due pioli posti sulle leve (Fig. 6). La seduta con schiena e testa poggiata doveva essere mantenuta durante il gesto (Fig. 7).

È stato aggiunto un gradino ove poter poggiare i piedi: in questo modo i soggetti avevano le gambe ferme ed assumevano una posizione confortevole (Fig. 7 cerchiato in rosso).

L'allenamento è stato svolto per 3 sedute a settimana per una durata complessiva di 3 settimane partendo dal giorno d'inizio degli allenamenti; tra le sedute di allenamento vi era un giorno di pausa, ma qualora un soggetto avesse perso un allenamento lo avrebbe recuperato nel giorno di pausa **[Pearce et al. 2012]**. Durante il fine settimana non venivano eseguiti allenamenti, vi erano quindi 2 giorni di pausa tra una settimana di allenamento e l'altra. I soggetti eseguivano 4 serie da 8-10 ripetizioni, con 3 minuti di pausa tra le serie. Il carico utilizzato è stato del 70% del carico massimale registrato prima degli allenamenti (la metodica di registrazione utilizzata è descritta nel paragrafo "outcomes"). La sessione di allenamento veniva considerata completa quando i soggetti eseguivano almeno 4 serie da 8 ripetizioni (32 ripetizioni). Quando la seduta era stata completata la resistenza veniva aumentata del 5% in quella successiva, in caso contrario la resistenza rimaneva invariata. In ogni allenamento successivo ad una seduta completa, il carico non aumentava se il soggetto dichiarava di avvertire eccessivo dolore

ai gruppi muscolari allenati. Ogni allenamento veniva ripetuto nel caso non fosse stato superato il numero minimo di 20 ripetizioni. Precedentemente ad ogni seduta veniva svolto un riscaldamento di 5 minuti eseguito con un cicloergometro a braccia a bassa resistenza. Uno stretching delle aree interessate dall'allenamento veniva svolto per almeno 20 secondi prima e dopo l'allenamento. Lo stretching del muscolo gran pettorale è stato eseguito bilateralmente da un operatore utilizzando la macchina di allenamento: i soggetti assumevano la posizione di allenamento e l'operatore spingeva le leve della macchina in direzione opposta alla direzione di allenamento; la spinta era lenta e costante fino al punto in cui i soggetti avevano una sensazione di trazione tollerabile ed al di sotto della soglia dolorosa **[McHugh et al. 2010]**. Quando il soggetto raggiungeva tale posizione essa veniva mantenuta per 20 secondi e successivamente vi era un ritorno graduale alla posizione di partenza (Fig. 8). Durante lo stretching l'operatore chiedeva al soggetto di mantenere il tronco e la testa adesi allo schienale della macchina e osservava comunque se vi erano variazioni della posizione del soggetto.

4.4 Outcomes

4.4.1 Outcomes principali

Il primo outcome principale registrato è stato la massima forza volontaria espressa durante una singola flessione di ginocchio utilizzando la macchina di rinforzo muscolare "leg curl" (Fig. 9).

La macchina "leg curl" permetteva l'esecuzione di questo test fornendo una resistenza alla flessione di ginocchio; la resistenza veniva svolta da una colonna di pesi posta lateralmente alla macchina. Il peso complessivo della colonna era di 120 Kg, esso era diviso in 4 pesi da 2.5 kg ed in 22 pesi da 5 Kg ma potevano essere aggiunti dei pesi da 1 Kg per poter selezionare la resistenza più adeguata al soggetto. Prima che il soggetto utilizzasse la macchina un operatore regolava lo schienale per fare in modo che il soggetto fosse seduto comodamente con la schiena non poggiata allo schienale e controllava che l'asse passante per il centro di rotazione delle ginocchia fosse identico all'asse passante per il centro di rotazione della leva (Fig. 10).

Il soggetto era seduto senza poggiare allo schienale, con ginocchia flesse a 30° **[Whiteley et al. 2012]**, tenendo con le mani i sostegni laterali della macchina. Il gesto

richiesto era una flessione di ginocchio dai 30° ai 90°. Il test veniva eseguito prima con la gamba destra e poi con la gamba sinistra; al soggetto era stato chiesto di tenere la gamba che non eseguiva il test adesa al bordo della macchina, quindi flessa e con il piede poggiato su di un cuscino cilindrico, in modo da evitarne i movimenti durante il test (Fig. 10, 11). Il contatto tra la gamba che doveva rimanere ferma ed il braccio mobile della "leg curl" veniva evitato grazie allo spazio dato dalla posizione della gamba non testata e alla limitazione a 90° di flessione della gamba testata. Per la registrazione del massimale si seguiva la seguente metodica: il soggetto eseguiva un riscaldamento di 5 minuti alla cyclette a bassa resistenza. Successivamente svolgeva uno stretching di almeno 20 secondi dell'area che doveva essere testata. Lo stretching veniva eseguito su di un lettino, il soggetto era seduto con le gambe distese di fronte a se e mantenendo le gambe sempre in questa posizione doveva flettere il tronco sulle cosce cercando di toccare con le mani le punte dei piedi. Il soggetto doveva proseguire nella flessione fino a percepire una tensione tale da non poter continuare oltre **[McHugh et al. 2010]** ed a quel punto mantenere la posizione per 20 secondi (Fig. 12). Successivamente allo stretching il soggetto si posizionava alla macchina e provava il gesto per almeno 20 volte con una resistenza di 6 Kg in modo da familiarizzare con la macchina. Dopo 3 minuti di pausa si aumentava il carico in base a come la resistenza di prova era stata avvertita dal soggetto; veniva selezionato un peso che il soggetto potesse sollevare dalle 2 alle 5 volte. Il carico veniva aumentato dal 5 al 15% in base a come il soggetto avvertiva la resistenza della sessione precedente e a questo punto il soggetto ripeteva il gesto per una sola ripetizione. La precedente fase veniva riprodotta fino a quando il soggetto non era più in grado di completare il gesto. L'ultima ripetizione completa veniva riprovata ancora una volta al fine di confermare il carico di esecuzione del gesto e registrarlo come forza massimale espressa dagli ischiocrurali **[McNair et al. 2011]**. I test venivano eseguiti per entrambi gli arti inferiori. Tutte le sessioni venivano precedute da massimo 3 minuti di pausa. Si eseguiva uno stretching finale come all'inizio del test. In ogni prova il soggetto riceveva un forte incoraggiamento verbale **[Weier et al. 2012, Willems et al. 2012]**.

Il secondo outcome principale era il numero massimo di flessioni di ginocchio eseguite dai soggetti utilizzando la macchina di rinforzo muscolare "leg curl", con un carico del

70% del carico massimale registrato prima degli allenamenti; la posizione e la metodica erano le stesse utilizzate per la registrazione del massimale volontario. In questo test, a differenza del primo, dopo la prova a bassissima resistenza, si impostava un peso pari al 70% del carico massimale registrato nella fase pre-training e si contavano il numero di ripetizioni massime che il soggetto riusciva ad eseguire. Successivamente al test veniva svolto uno stretching delle aree interessate per almeno 20 secondi **[Dorgo et al. 2009]**.

4.4.2 Outcomes secondari

Il primo outcome secondario era la massima forza erogabile volontariamente in una singola contrazione del muscolo gran dorsale (allenato nel gruppo sperimentale) e del muscolo gran pettorale (allenato nel gruppo di controllo) attraverso l'utilizzo delle rispettive macchine utilizzate durante l'allenamento e nelle stesse posizioni di training. Per la registrazione dei massimali si seguiva la seguente metodica: i soggetti dovevano eseguire un riscaldamento di 5 minuti al cicloergometro a braccia a bassa resistenza. Successivamente veniva adottata la stessa metodica utilizzata per la registrazione dei massimali di flessione di ginocchio. A differenza dei test per gli ischiocrurali questi test sono stati eseguiti bilateralmente sia per il gruppo sperimentale che per il gruppo di controllo.

Il secondo outcome secondario era il numero massimo di ripetizioni eseguite dai soggetti utilizzando le stesse macchine dell'allenamento, con un carico del 70% del carico massimale registrato prima degli allenamenti; la posizione e la metodica erano le stesse utilizzate per la registrazione del massimale volontario. A differenza dei test per gli ischiocrurali questi test sono stati eseguiti bilateralmente sia per il gruppo sperimentale che per il gruppo di controllo.

La forza massimale dei diversi muscoli veniva registrata un giorno prima dell'inizio degli allenamenti ed un giorno dopo la fine del periodo di training. La resistenza espressa dai soggetti utilizzando i diversi muscoli veniva registrata il giorno successivo alla registrazione della forza massimale, prima e dopo il periodo di allenamento.

5. ANALISI STATISTICA

Per confrontare le variabili comuni ai due gruppi al baseline è stato utilizzato un t test per dati non appaiati. I valori confrontati erano le caratteristiche demografiche dei soggetti, la forza massimale ed il numero massimo di ripetizioni espressi dagli ischiocrurali.

Per confrontare le variabili non comuni ai due gruppi è stato utilizzato un t test per dati appaiati al fine di osservare se i valori di forza massimale e numero massimo di ripetizioni dei gruppi muscolari allenati fossero variati rispetto al baseline nei rispettivi gruppi.

Per confrontare le variazioni, nei valori degli ischiocrurali, tra pre e post allenamento nei due gruppi è stato utilizzato un t test per dati non appaiati. Sono stati confrontati i delta tra pre e post allenamento, per ciascun outcome degli ischiocrurali (forza massimale e numero massimo di ripetizioni), del gruppo controllo con i delta del gruppo sperimentale.

La significatività statistica è stata posta ad un $P<0.05$. Le analisi statistiche sono state fatte utilizzando il software SPSS 13.0.

6. RISULTATI

Durante il fine settimana non è avvenuto nessun recupero allenamento.

Le caratteristiche demografiche dei soggetti sono state raggruppate in tabella 1, espressi in media e deviazione standard.

Tabella 1

Caratteristiche	Gruppo sperimentale	Gruppo controllo	P
Età (anni)	21.00 ± 1.07	21.93 ± 1.94	0.12
Peso (Kg)	60.30 ± 10.44	66.47 ± 12.17	0.15
Altezza (cm)	171.20 ± 11.36	173.47 ± 6.75	0.51
Genere	7 Maschi, 8 Femmine	7 Maschi, 8 Femmine	1

I risultati dei test degli ischiocrurali prima dell'allenamento sono stati raggruppati in tabella 2, espressi in media e deviazione standard.

Tabella 2

Test eseguiti	Gruppo sperimentale	Gruppo controllo	P
Forza massimale ischiocrurali di destra (Kg)	29.53 ± 8.68	34.27 ± 9.61	0.17
Numero ripetizioni ischiocrurali di destra	24.47 ± 8.07	22.00 ± 7.58	0.39
Forza massimale ischiocrurali di sinistra (Kg)	29.07 ± 8.39	33.07 ± 9.0	0.22
Numero ripetizioni ischiocrurali di sinistra	25.53 ± 9.36	23.33 ± 8.34	0.50

I risultati dei test relativi ai muscoli allenati (gran dorsale, gran pettorale) in ciascun gruppo dopo l'allenamento sono stati raggruppati in tabella 3, espressi in media e deviazione standard.

Tabella 3

Muscoli	Test eseguiti	Pre-allenamento	Post-allenamento	P
Gran dorsale	Forza massimale (Kg)	49.13 ± 17.20	60.27 ± 18.77	<0.00
	Numero ripetizioni	20.47 ± 11.39	42.40 ± 19.92	<0.00
Gran pettorale	Forza massimale (Kg)	43.73 ± 19.38	52.20 ± 21.64	<0.00
	Numero ripetizioni	12.60 ± 4.52	26.3 ± 10.17	<0.00

I risultati dei test degli ischiocrurali prima e dopo l'allenamento sono stati raggruppati in tabella 4, espressi in media e deviazione standard.

Tabella 4

Muscoli ischiocrurali		Gruppo	Pre-allenamento	Post-allenamento	Delta	P
Destra	Forza massimale (Kg)	Sperimentale	29.53 ± 8.68	31.73 ± 9.03	2.20 ± 1.78	<0.00
		Controllo	34.27 ± 9.61	34.00 ± 9.04	-0.27 ± 1.83	
	Numero ripetizioni	Sperimentale	24.47 ± 8.07	33.33 ± 10.93	8.87 ± 8.53	<0.00
		Controllo	22.00 ± 7.58	21.07 ± 6.81	-0.93 ± 3.35	
Sinistra	Forza massimale (Kg)	Sperimentale	29.07 ± 8.39	31.33 ± 9.03	2.27 ± 1.67	<0.00
		Controllo	33.07 ± 9.00	32.67 ± 8.30	-0.40 ± 1.64	
	Numero ripetizioni	Sperimentale	25.53 ± 9.365	34.07 ± 12.54	8.53 ± 7.83	<0.00
		Controllo	23.33 ± 8.338	21.53 ± 6.90	-1.80 ± 2.57	

Non vi erano differenze significative tra i gruppi per quanto riguarda le caratteristiche demografiche ($P>0.05$) (tabella 1).

Al baseline non vi era nessuna differenza significativa tra i gruppi sia per i valori di forza massimale che per il numero di ripetizioni espresse dagli ischiocrurali ($P>0.05$) (tabella 2).

L'allenamento ha avuto effetti statisticamente significativi sui muscoli allenati nei rispettivi gruppi, infatti si è registrato un aumento sia nell'erogazione della forza massimale sia nell'esecuzione del numero massimo di ripetizioni ($P<0.05$) (tabella 3).

Successivamente all'allenamento si sono evidenziate differenze significative tra i due gruppi nelle variazioni dei valori espressi dagli ischiocrurali, maggiori nel gruppo sperimentale, sia di forza massimale che del numero di ripetizioni ($P<0.05$) (tabella 4).

7. DISCUSSIONE

I risultati mostrano come l'allenamento dei muscoli fissatori migliori la forza e la resistenza dei muscoli agonisti. Le motivazioni secondo le quali si sono registrati dei miglioramenti degli ischiocrurali nel gruppo sperimentale possono essere basate su due considerazioni.

La prima è che un aumento della capacità di reclutamento dei muscoli fissatori, a seguito di un allenamento selettivo degli stessi **[Munn et al. 2005]**, possa aver comportato un miglioramento del pattern di attivazione durante l'esecuzione del gesto in cui questi muscoli sono stati attivati come fissatori.

La seconda è che un aumento della stenia dei muscoli fissatori, a seguito di un allenamento selettivo degli stessi **[Munn et al. 2005]**, possa aver comportato un maggior allungamento del muscolo agonista attivato durante l'esecuzione del gesto in cui questi muscoli sono stati reclutati come fissatori.

La prima ipotesi si basa sul principio secondo il quale gli effetti di un allenamento si manifestano anche in gesti differenti a quelli del training **[Dalgas et al. 2009]**; quindi anche se il muscolo viene allenato eseguendo un gesto in cui svolge il ruolo di agonista, esso può esprimere gli effetti dell'allenamento anche eseguendo un gesto in cui svolge il ruolo di fissatore.

La seconda ipotesi si basa sul principio secondo il quale il muscolo fissatore, in seguito all'allenamento, avvicina maggiormente a se il capo osseo sul quale è collegato anche l'agonista e di conseguenza l'agonista raggiunge una maggiore lunghezza muscolare e può erogare maggiore forza. Ogni muscolo infatti ha una lunghezza, chiamata L0, ove riesce ad esprimere il massimo della forza erogabile. L0, corrisponde alla lunghezza massima del muscolo, al di sotto di questa lunghezza il muscolo eroga meno forza quindi un muscolo più è allungato e più eroga forza **[Josephson et al. 1999]**.

Osservando i risultati è inoltre possibile notare come, nonostante siano significativamente migliorate sia la forza che la resistenza, quest'ultima abbia avuto un incremento maggiore. L'affaticamento muscolare dovuto alle ripetute attivazioni del muscolo sembra comportare vari effetti sui gesti da esso compiuti o nei quali è richiesta una sua attivazione. In letteratura si è visto come l'affaticamento della muscolatura stabilizzatrice del tronco abbia effetti sulla stabilità posturale. Per esempio lo studio di

[McCullen et al. 2011] evidenzia come l'affaticamento successivo all'esercizio del muscolo medio gluteo influenzi negativamente il controllo posturale e la qualità del movimento, misurati dinamicamente con lo "star excursion balance test" e staticamente con lo spostamento del centro di pressione. Un altro studio dimostra come l'affaticamento comporti un'alterata biomeccanica del gesto, infatti gli autori affermano che la fatica influisce sulla biomeccanica degli arti inferiori durante l'atterraggio su un singolo piede **[Brazen et al. 2010]**. È stato anche visto che una forza muscolare insufficiente ed una attivazione muscolare inappropriata possono compromettere la stabilità spinale. Infatti la fatica muscolare dei muscoli estensori di anca e estensori lombari può temporaneamente modificare le dinamiche lombopelviche durante il movimento di flessione ed estensione **[Descarreaux et al. 2010]**. Infine alcuni autori hanno affermato che l'aumentata resistenza alla fatica muscolare migliora le abilità propriocettive della spalla. Essi hanno notato che la propriocezione della spalla, dopo l'affaticamento muscolare, nel riposizionamento attivo è maggiormente affetta dai meccanocettori muscolari che dai meccanocettori articolari **[Lee et al. 2003]**. Basandoci sulla letteratura esistente potremmo quindi indirettamente ipotizzare che nel nostro studio l'importante incremento avuto nella resistenza del muscolo agonista possa essere dovuto a migliorate capacità neuromuscolari e biomeccaniche del muscolo fissatore ottenute tramite l'allenamento selettivo dello stesso.

Lo studio presenta dei limiti, uno dei quali potrebbe essere la tipologia di misurazione adottata. Le macchine utilizzate ("Leg curl", "Pull over" e "Pectoral machine") erano delle macchine isotoniche; queste macchine non permettono una velocità di esecuzione del gesto costante, quindi i soggetti hanno svolto i massimali ad una velocità da loro scelta e variabile durante il gesto. Se fosse stata utilizzata una macchina isocinetica la velocità durante tutta l'esecuzione del gesto sarebbe rimasta costante. Inoltre la minima variazione di carico misurabile con le macchine utilizzate era di 1 Kg mentre sarebbe stato utile poter registrare la forza con una maggiore sensibilità attraverso l'utilizzo della macchina isocinetica.

Un altro possibile limite era riscontrabile nel metodo di registrazione del massimale eseguito in questo studio; esso anche se validato era dipendente dall'operatore a causa delle macchine utilizzate. L'operatore doveva avere la capacità di selezionare il peso più

vicino al massimale erogabile dal soggetto, con il numero minimo di prove poiché un alto numero di tentativi avrebbe potuto affaticare il soggetto. La macchina isocinetica avrebbe evitato l'affaticamento del soggetto in quanto sarebbero state eseguite solo le prove a basso carico per la familiarizzazione con la macchina ed un numero predefinito di misurazioni del massimale; inoltre sarebbe stato possibile eseguire diversi test di forza massimale (massimali con contrazioni isometriche, concentriche ed eccentriche) **[Barnes et al. 2010]**.

Anche durante i test di resistenza sarebbe stato utile poter utilizzare la macchina isocinetica **[Wittstein et al. 2010]** poiché avrebbe permesso una selezione del carico al 70% del massimale molto più accurata rispetto alla selezione del carico eseguita con le macchine isotoniche. Inoltre grazie all'isocinetica le ripetizioni non sarebbero state dipendenti dalla velocità.

8. CONCLUSIONI

Lo studio sviluppato ha dimostrato che il rinforzo selettivo dei muscoli fissatori di un determinato gesto comporta un aumento della forza massimale e della resistenza espresse dagli agonisti.

9. BIBLIOGRAFIA

Agre J. C. Hamstring ingiuries proposed aetiological factors, prevention, and treatment. Sports Medicine 1985; 2: 21–33.

Akima H, Saito A. Inverse activation between the deeper vastus intermedius and superficial muscles in the quadriceps during dynamic knee extensions. Muscle Nerve 2013; 47: 682–690.

Baldon R. D. M, Lobato D. F. M, Carvalho L.P, Wun P. Y. L, Santiago P. R. P, Serraõ F. V. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012; 44: 135–145.

Barnes M. J, Mündel T, Stannard S. R. Post-exercise alcohol ingestion exacerbates eccentric-exercise induced losses in performance. European Journal of Applied Physiology - Springer 2010; 108: 1009–1014.

Brazen DM, Todd MK, Ambegaonkar JP, Wunderlich R, Peterson C. The effect of fatigue on landing biomechanics in single-leg drop landings. Clin J Sport Med. 2010;20(4):286-92.

Cormie P, McGuigan M. R, Newton R. U. Developing maximal neuromuscular power part 2 – training considerations for improving maximal power production. Sports Medicine - Springer 2011; 41: 125–146.

Dalgas U, Stenager E, Jakobsen J, Petersen T, Hansen H. J, Knudsen C, Overgaard K, Ingemann-Hansen T. Resistance training improves muscle strength and functional capacity in multiple sclerosis. Neurology 2009; 73: 1478–1484.

Descarreaux M, Lafond D, Cantin V. Changes in the flexion-relaxation response induced by hip extensor and erector spinae muscle fatigue. BMC MusculoskeletDisord. 2010;11:112.

Dorgo S, King G. A, Rice C. A. The effects of manual resistance training on improving muscular strength and endurance. The Journal of Strength & Conditioning Research 2009; 23: 293–303.

Dupeyron A, Hertzog M, Micallef J. P, Perrey S. Does an abdominal strengthening program influence leg stiffness during hopping tasks? The Journal of Strength & Conditioning Research 2013; 27: 2129–2133.

Escamilla R. F, Babb E, DeWitt R, Jew P, Kelleher P, Bumham T, Busch J, D'Anna K, Mowbray R, Imamura R. T. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: implications for rehabilitation and training. Physical Therapy 2006; 86: 656–671.

Hubley-Kozey C. L, Hatfield G. L, Davidson K. C. Temporal coactivation of abdominal muscles during dynamic stability exercises. Journal of Strength and Conditioning Research 2010; 24: 1246–1255.

Irish S. E, Milward A. J, Wride J, Haas B. M, Shum G. L. K. The effect of closed-kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercise on the muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis. The Journal of Strength & Conditioning Research 2010; 24: 1256–1262.

Josephson R. K. Dissecting muscle power output. The Journal of Experimental Biology 1999; 202: 3369–3375.

Kubota M, Uchida K, Kokubo Y, Shimada S, Hideaki Matsuo H, Yayama T, Miyazaki T, Sugita D, Watanabe S, Baba H. Postoperative gait analysis and hip muscle strength in patients with pelvic ring fracture. Gait & Posture - Elsevier 2013; 38: 385–390.

Laheru D, Kerr J. C, McGregor A. H. Assessing hip abduction and adduction strength: can greater segmental fixation enhance the reproducibility?. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation 2007; 88: 1147–1153.

Lee HM, Liau JJ, Cheng CK, Tan CM, Shih JT. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2003;18(9):843-7.

Maffiuletti N. A, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. Clinical Physiology and Functional Imaging 2007; 27: 346–353.

McHugh M. P, Cosgrave C. H. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2010; 20: 169–181.

McMullen KL, Cosby NL, Hertel J, Ingersoll CD, Hart JM. Lower extremity neuromuscular control immediately after fatiguing hip-abduction exercise. J Athl Train. 2011;46(6):607-14.

McNair P. J, Colvin M, Reid D. Predicting maximal strength of quadriceps from submaximal performance in individuals with knee joint osteoarthritis. Arthritis Care & Research 2011; 63: 216–222.

Mjølsnes R, Arnason A, Østhagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2004; 14: 311–317.

Monfort-Pañego M, Vera-García F. J, Sánchez-Zuriaga D, Sarti-Martínez M. A. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 2009; 32: 232–244.

Munn J, Herbert R. D, Hancock M. J, Gandevia S. C. Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. Medicine & Science in Sports & Exercise 2005; 37: 1622–1626.

Norris C. M. Abdominal muscle training in sport. British Journal of Sports Medicine 1993; 27: 19–27.

Pearce A. J, Hendy A, Bowen W. A, Kidgell D. J. Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2012; doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01453.x.

Peng H. -T, Kernozek T. W, Song C. -Y. Muscle activation of vastus medialis obliquus and vastus lateralis during a dynamic leg press exercise with and without isometric hip adduction. Physical Therapy in Sport 2013; 14: 44–49.

Power G. A, Rice C. L, Vandervoort A. A. Increased residual force enhancement in older adults is associated with a maintenance of eccentric strength. Poos One 2012; 7: doi:10.1371.

Schache A. G, Dorn T. W, Blanch P. D, Brown N. A. T, Pandy M. G. Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012; 44: 647–658.

Schilling J. F, Murphy J. C, Bonney J. R, Thich J. L. Effect of core strength and endurance training on performance in college students: Randomized pilot study. Journal of Bodywork & Movement Therapies 2013. 17: 278–290.

Wakeling J. M, Blake O. M, Wong I, Rana M, Lee S. S. M. Movement mechanics as a determinate of muscle structure, recruitment and coordination. Philosophical transactions of the royal society B 2011; 366: 1554–1564.

Weier A. T, Pearce A. J, Kidgell D. J. Strength training reduces intracortical inhibition. Acta Physiologica 2012; doi: 10.1111/j.1748-1716.2012.02454.x.

Whiteley R, Jacobsen P, Prior S, Skazalski C, Otten R, Johnson A. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. Journal of Science and Medicine in Sport – Elsevier 2012; 15: 444–450.

Willems M. E. T, Ponte J. P. G. Divergent muscle fatigue during unilateral isometric contractions of dominant and non-dominant quadriceps. Journal of Science and Medicine in Sport – Elsevier 2012; doi:10.1016/j.jsams.2012.06.005.

Wittstein J, Queen R, Abbey A, Moorman C. T. Isokinetic testing of biceps strength and endurance in dominant versus non dominant upper extremities. Journal of Shoulder and Elbow Surgery Board of Trustees - Elsevier 2010; 19: 874–877.

10. FIGURE

Fig. 1

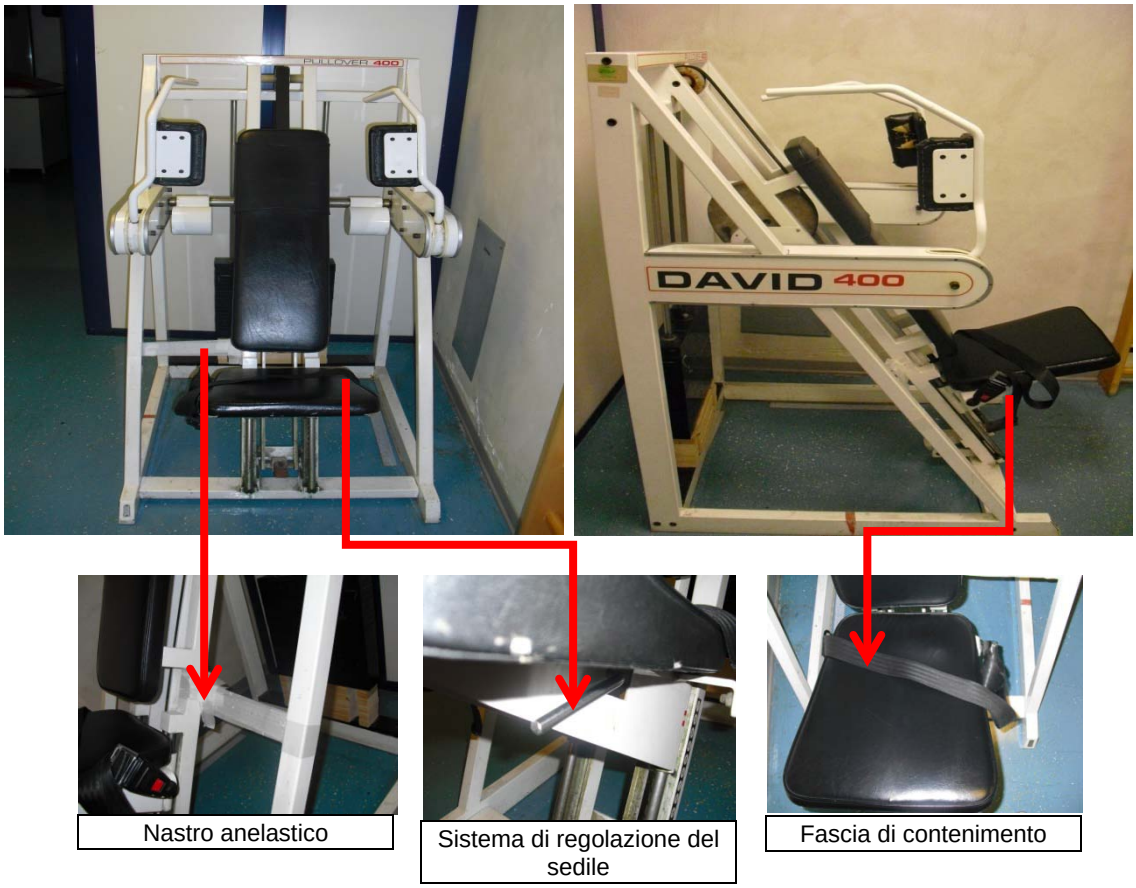


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Sistema di regolazione del sedile

Fig. 6

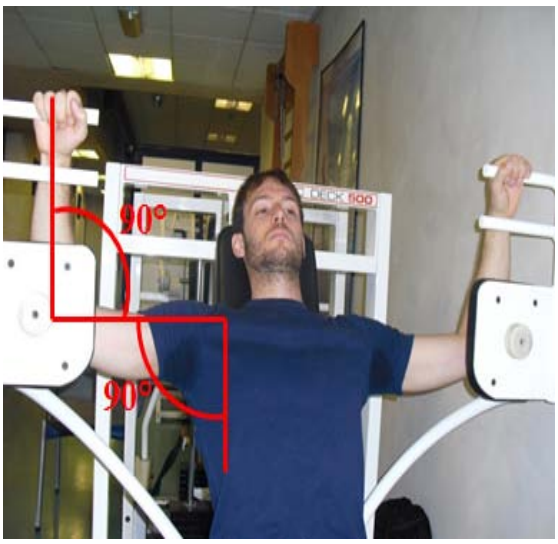


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

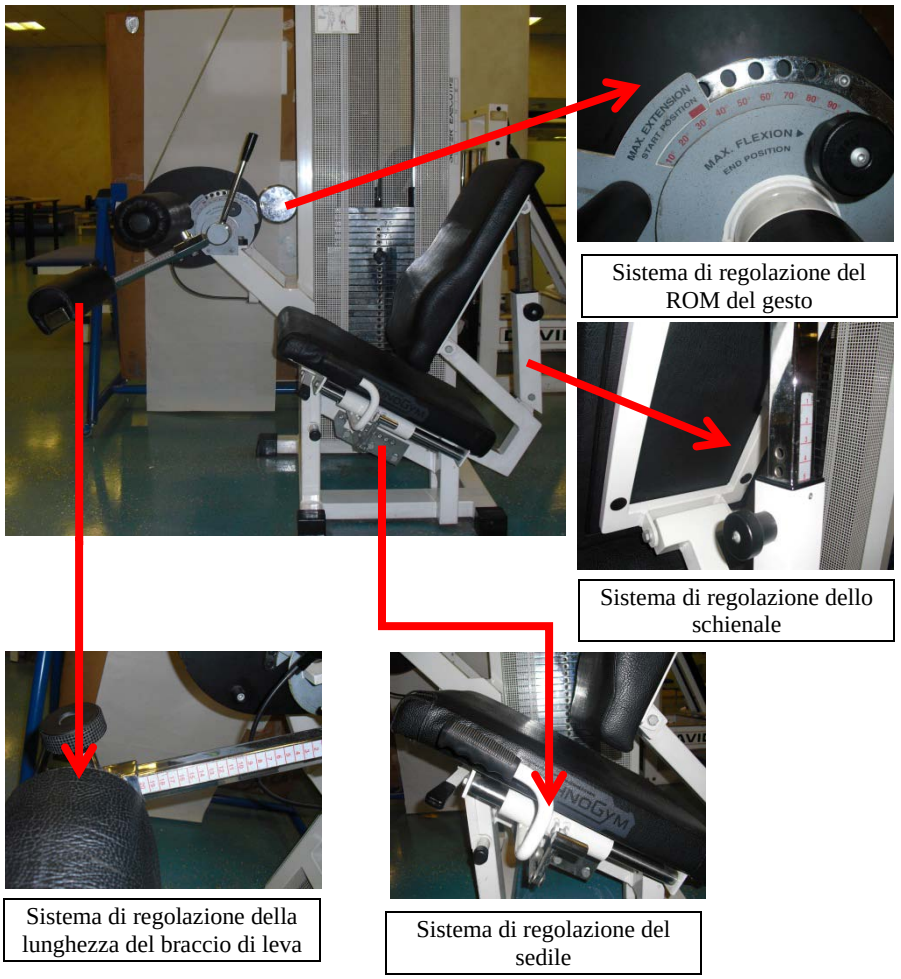
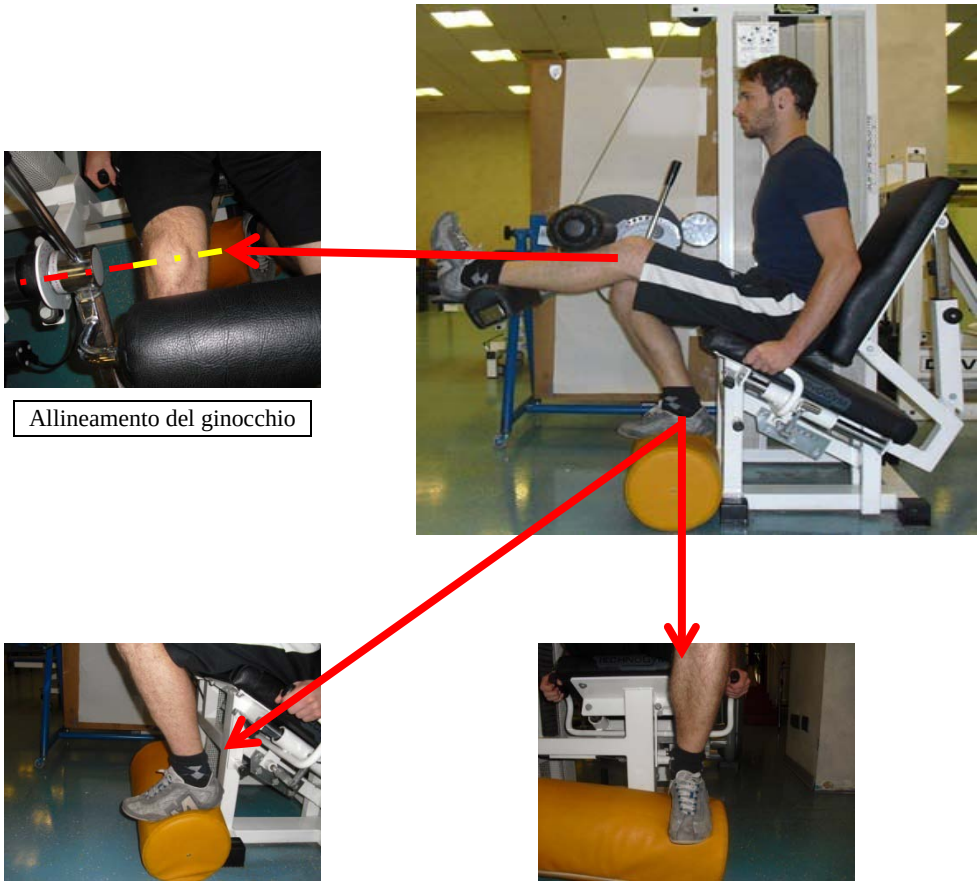

MAX. EXTENSION
START POSITION
MAX. FLEXION
END POSITION
Sistema di regolazione del ROM del gesto
Sistema di regolazione dello schienale
Sistema di regolazione della lunghezza del braccio di leva
Sistema di regolazione del sedile

Fig. 10



Allineamento del ginocchio

Posizionamento della gamba in appoggio durante l'esecuzione del test

Fig. 11

Fig. 12