

R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

459

Ita. J. Sports Reh. Po.

Italian Journal of
Sports Rehabilitation and Posturology

Esercizio con Elastic - tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

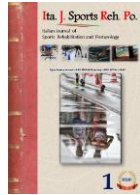
Rosario D'Onofrio ¹, Massimo Armeni^{2*}

¹ Italian Scientific Society of Rehabilitation and Posturology of the Sports

² International Sports Sciences Association of Europe

Abstract

Scopo: Lo scopo di questo studio è valutare lo stato dell'arte dell'esercizio con attrezzo elastic-tubing in training riabilitativi post-chirurgici diretti al Legamento Crociato Anteriore (LCA) tramite una revisione della letteratura biomedica in un range temporale di 31 anni. **Metodi:** Gli autori hanno effettuato una revisione della letteratura utilizzando Clinical Queries scegliendo una "BROAD STRATEGY" e utilizzando anche MeSH Terms combinati ad operatori Booleani "AND" e "OR" e "textwords" indipendenti nella banca dati biomedica PubMed, includendo anche studi non indicizzati in lingua inglese ed italiana. **Risultati:** Sono stati inclusi e visionati 48 studi relativi alla neuromeccanica del movimento in questione, ed alla applicabilità, sicurezza ed efficacia dell'esercizio proposto. **Conclusioni:** L'utilizzo nella clinica riabilitativa e nell'attività di ricondizionamento dell'esercizio contro resistenza elastica è uno strumento altamente efficace e modulabile che si correla all'interno di protocolli riabilitativi con importanti risultati, come dimostrato dagli studi condotti con EMG sui diversi muscoli del ginocchio.



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

Key words: *Elastic Tubing, esercizi in Catena Cinetica Chiusa , Elettromiografia, Ricondizionamento, Quadricipite, Ichiocrurali*

460

Introduzione

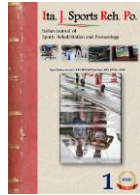
L'Elastic tubing o flexcord (figura 1) è un piccolo attrezzo, semplice, di facile applicabilità, utilizzato per incrementare i livelli di funzionalità muscolare ed articolare, tramite *“una resistenza adattativa elastica”* ^{1,2,3,4,5,}



Figura 1 - Diverse tipologie di elastic tubing

Training effettuati con elastic tubing , flexcord , sono utilizzati, anche, nelle delicate e diversificate fasi del processo riabilitativo. La maggior parte delle indicazioni terapeutiche, in questo campo, provvedono a *“consigliare”* esercizi contro resistenza elastica, senza stabilirne protocolli specifici e modalità applicative.

In questo lavoro abbiamo focalizzato la nostra attenzione sull'applicabilità degli esercizi con l'elastic tubing, nella fase post ricostruttiva del legamento crociato anteriore (LCA) e più precisamente sull'attività elettromiografia (EMG) dei muscoli quadricipite ed ischio crurali e sui relativi stress tensionali diretti all'articolazione del ginocchio.



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016.030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

461

Metodi

Gli autori hanno effettuato una revisione della letteratura utilizzando Clinical Queries scegliendo una "BROAD STRATEGY" e utilizzando anche MeSH Terms combinati ad operatori booleani "AND" e "OR" e "textwords" indipendenti nella banca dati biomedica PubMed considerando anche studi non indicizzati in lingua inglese ed italiana per includere il maggior numero di studi coerenti con lo scopo del presente lavoro. Sono stati inclusi disegni di studio primari sia sperimentali che descrittivi che avessero come Outcome Clinico l'analisi neuromeccanica del treno inferiore e la relazione dell'esercizio proposto con insulti ed interventi del LCA espressi anche in relazione ad attività elettromiografica (EMG), e quindi analizzati. Gli autori hanno incluso anche articoli non indicizzati ma comunque pubblicati su riviste peer-review ritenendoli comunque attendibili e pertinenti. Nella revisione sono state incluse pubblicazioni in lingua inglese e italiana.

Sono stati ritenuti idonei allo scopo del presente lavoro di revisione 48 studi.

Disegno dello studio: RICERCA CLINICA SECONDARIA.

Risultati

I risultati espressi dalla revisione indicano una sostanziale efficacia e sicurezza dell'esercizio proposto.

In un lavoro di Schulthies²¹ è stata determinata l'attività elettromiografica (EMG) dei seguenti distretti:

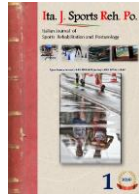
1. vasto mediale (VMO)
2. vasto laterale (VL)
3. semitendinoso, semimembranoso (ST)
4. bicipite femorale (BF)

durante 4 tipologie di esercizi con elastic tubing negli operati di ricostruzione del legamento crociato anteriore:

1. front pull
2. back pull
3. crossover
4. reverse crossover

In termini di risultati finali è stato evidenziato che l'attività EMG del VMO, VL, e BF variava dal 25% al 50% della massima contrazione isometrica volontaria per i 4 esercizi. (tavola 1)

Mentre i muscoli semitendinoso e semimembranoso esprimevano una percentuale di valori pari al 12% nel back pull al 58% nel front pull.



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

Tavola 1 : media dei valori EMG per i muscoli durante i 4 esercizi eseguiti, in catena cinetica chiusa con elastic tubing

| esercizi | VMO | VL | ST | BF |
|-------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| front pull | 42.33 ± 17.4 | 35.70 ± 10.3 | 57.63 ± 25.3 | 49.38 ± 20.2 |
| back pull | 37.10 ± 14.5 | 38.21 ± 10.8 | 12.82 ± 5.4 | 39.99 ± 14.2 |
| crossover | 31.43 ± 11.2 | 27.18 ± 8.3 | 39.96 ± 21.4 | 27.11 ± 12.2 |
| reverse crossover | 32.56 ± 12.37 | 35.38 ± 12.5 | 15.89 ± 9.8 | 25.11 ± 10.6 |

Da : *Shane S. Schulthies*²¹ *JAT 1998;33(4):328-335*

I rapporti % di co-attivazione (tavola 2) tra quadricipite/ischio crurali potevano essere così riassunti:

1. 137% (front pull)
2. 115% (crossover)
3. 70% (back pull)
4. 60% (reverse crossover).

Si deduce, osservando la tavola 2, un incremento dell'attività di co-contrazione dei flessori e del quadricipite del ginocchio durante gli esercizi con l'elastico con una maggiore stabilità articolare e una riduzione, consequenziale, delle forze di taglio femoro-tibiali dirette anteriormente.

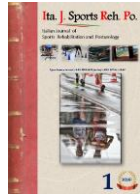
tavola 2 : Media EMG dei rapporti quadricipite -ischio crurali per i 4 esercizi con elastic tubing eseguiti in catena cinetica chiusa

| esercizi | media % quadricipite / ischio crurali |
|-------------------|---------------------------------------|
| front pull | 137 ± 62 |
| back pull | 70 ± 44 |
| crossover | 115 ± 44 |
| reverse crossover | 60 ± 21 |

Da : *Shane S. Schulthies*²¹ *JAT 1998;33(4):328-335*

Esercizi che comportano una co-contrazione dei flessori/estensori del ginocchio sono suggeriti, nel campo riabilitativo, in quanto decrementano lo stress, soprattutto negli ultimi gradi di estensione del ginocchio 60° - 0° sul neo legamento⁴⁵.

Tuttavia i flessori del ginocchio sembrano essere meno attivi, durante "stair stepping"^{14,15} e durante 1/4 di squat.¹⁶



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

Possiamo affermare, quindi, che questi esercizi ,in catena cinetica chiusa, incrementino la stiffness articolare con una conseguenziale migliorata stabilità articolare a protezione del neo legamento .³⁸ E' registrato da Schulthies²¹ un incremento dei valori EMG della co-contrazione dei flessori ed estensori del ginocchio ancorati a valori pari al 156%¹⁸

Malone²⁰ suggerisce che, comunque, esercitazioni in catena cinetica chiusa eseguite in piccoli range articolari, sono ben "tollerate" e più sicure di altre esercitazioni

Essi sottolineano che attività muscolari di carico con elastic tubing in range articolari limitati riducano gli stress articolari deleteri per il neo legamento, e possono risultare più sicuri delle stesse esercitazioni tradizionali, da sempre effettuate in catena cinetica aperta o chiusa.

Diversi autori suggeriscono^{27,28,29,30} che altri esercizi, eseguiti in catena cinetica chiusa, producano e valorizzino una co-contrazione dei muscoli flessori del ginocchio riducendo così le forze di taglio femoro-tibiali, quando queste sono comparate con esercizi di estensione del ginocchio in catena cinetica aperta.

Si può evidenziare che gli esercizi proposti da Schulthies²¹ (front pull, crossover ,back pull, reverse crossover) permettono di lavorare in range limitati (30° - 60 °) controllando le forze dirette sull'articolazione ed attivando di riflesso una ottima contrazione dei flessori del ginocchio oltre che stimolando i processi atti al miglioramento della coordinazione e della propriocezione²¹

Quindi balance training e allenamenti atti al miglioramento della forza dei flessori del ginocchio per il controllo e la modulazione della forza in situazioni di instabilità,(skimmy, swiss ball,Bosu..) devono essere enfatizzati nella riabilitazione dopo ricostruzione del legamento crociato anteriore se associati ad esercizi contro resistenza elastica modulati su tutti i piani del movimento^{17,21,19,43}

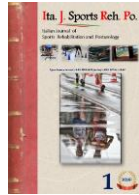
Così possiamo sottolineare che gli esercizi studiati da Schulthies²¹ (front pull, back pull, crossover , reverse crossover) effettuati con "elastic -tubing" e/o simili se utilizzati in range articolari limitati, migliorano il controllo delle forze articolari espresse su tutti i piani dello spazio con una interessante attivazione degli ischio crurali, seguita da una importante stimolazione neuromuscolare e dell'equilibrio²⁰

Sempre Schulthies²¹ sostiene l'ipotesi che la resistenza durante l'esercizio front pull tende a provocare la flessione e rotazione esterna dell'anca e l'estensione del ginocchio della gamba patologica, determinando una maggiore attività degli ischio crurali (compartimento mediale > di quello laterale) rispetto al muscolo quadricipite²¹.(Tavola 1)

Questa contrazione dei flessori, come evidenziato anche da altri lavori presenti nella letteratura internazionale,^{21,22,27,28,29,30,35} genera una forza di taglio diretta posteriormente a salvaguardia del legamento crociato anteriore, in tal modo da decrementare le "anterior shear forces" tibio femorali.

Teniamo a precisare come la resistenza,opposta dal Elastic Tubing, durante l'esercizio di front – pull, tende a provocare sull'arto patologico una flessione e rotazione esterna dell'anca e una estensione del ginocchio²¹. L'opposizione muscolare a questi movimenti favorisce una maggiore attività EMG dei flessori del ginocchio rispetto al quadricipite, con un maggiore interessamento dei "flessori mediali" del ginocchio rispetto a quelli laterali ed una maggior stabilizzazione ai movimenti rotazionali .

Comunque Mangine e Noyes²⁴ suggeriscono che se da un lato un carico precoce nella fase post ricostruttiva dell' LCA è estremamente importante nella riabilitazione, dall'altro diventano



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

essenziali modulare i training di forza che sono finalizzati a controllare le forze di taglio femoro-tibiali dirette anteriormente.³⁴

Altri autori^{9,10} raccomandano esercizi in catena cinetica chiusa con elastic tubing, perché riducono le forze di taglio tibio-femorali sul legamento crociato anteriore^{11,12,35} stimolando tra l'altro un'importante attività neuromuscolare propriocettiva ed una attività successivamente proponibile sui tre piani dello spazio.

Gli esercizi con la flexcord nella loro praticità hanno il vantaggio di una resistenza supplementare sull'arto patologico che si esprime per mezzo ed attraverso la gamba che effettua il movimento in catena cinetica aperta.

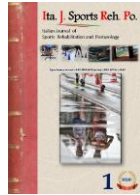
Hopkins⁶ ha comparato l'attività EMG di 3 muscoli (vasto laterale, vasto mediale e bicipite femorale) durante 4 diversi esercizi effettuati in catena chiusa, per determinare quale di questi riusciva a produrre una maggiore attività muscolare:

1. 1/4 di squat unilaterale
2. Step up
3. Flexcord - front pull
4. Flexcord - back pull

I soggetti effettuarono 3 ripetizioni per ognuno dei 4 esercizi in catena cinetica chiusa, in un range articolare ancorato tra 5° e 30° di flessione del ginocchio. Si evidenziò che:

1. gli esercizi effettuati con la flexcord, definiti front pull e back pull, (foto 1 e 2) producevano i più alti livelli di attività EMG del bicipite femorale, rispetto agli esercizi correlati come 1/4 di squat e step up
2. l'esercizio flexcord front pull produceva anche un più alto livello di attività EMG del vasto mediale durante l'estensione del ginocchio, rispetto un 1/4 di squat e step up, o flexcord back pull
3. durante la fase di flessione di ginocchio, il flexcord front pull, e flexcord back pull – esprimevano i livelli più alti di attività EMG del bicipite femorale rispetto a 1/4 di squat e al lateral step up di 30 cm.

Gli alti livelli espressi di attività muscolare del bicipite femorale durante gli esercizi con flexcord indicano una maggiore co-contrazione stabilizzatrice del gruppo muscolare ischio crurali e quadricipite.



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

465

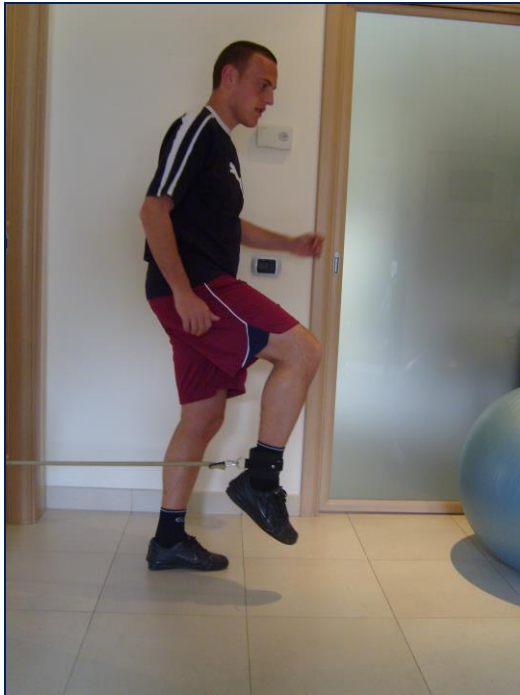


Foto 1. Flexcord front pull

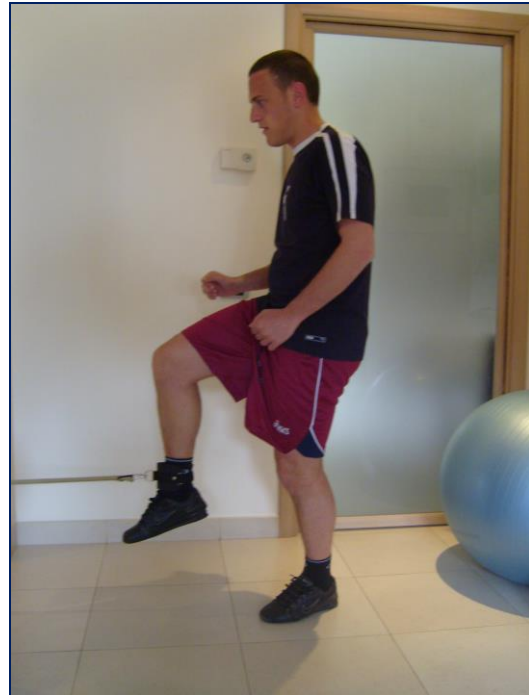


Foto 2. Flexcord back pull

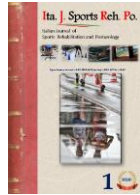
Discussione

S'intende esercizio in catena cinetica chiusa Closed Kinetic Chain CKC, quando "il segmento distale dell'estremità è fisso" ⁴⁶. Mentre catena cinetica aperta, Open kinetic Chain OKC, quando "il segmento distale è libero di muoversi nello spazio" ⁴⁶

Così durante questa tipologia di esercizi atti al potenziamento muscolare (utilizzando isolatamente o combinati i vari regimi di contrazione: isometrico, isotonic, isocinetico, pliometrico) in catena cinetica chiusa, (leg press, squat) ed aperta, (leg extension) lo stress cui è sottoposto legamento crociato anteriore è diversificato ed è in relazione dall'angolo di flessione del ginocchio e dall'intensità dell'attività muscolare ⁴⁷

Esercitazioni in catena cinetica aperta, utilizzate per il potenziamento del quadricipite, sia esse con regime di contrazione isometriche isotoniche isocinetiche determinano notevoli stress tensionali sul lca negli ultimi gradi di estensione del ginocchio da -30° a 0° . ^{24,42,43, 45, 47}

Gli Ischio Crurali rappresentano gli "agonisti dinamici" del lca, essi si oppongono alla traslazione anteriore, in senso sagittale, della tibia rispetto al femore. Nell'esecuzione dello squat, si crea una contrazione contemporanea (co-contrazione) dei muscoli estensori e flessori del ginocchio, stabilizzando, così, dinamicamente l'articolazione stessa.



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

Escamilla⁴² hanno quantificato l'attività muscolare del quadricipite che, aumenta progressivamente, con la flessione e decresce con l'estensione del ginocchio con un peak torque, intorno 89-90° di flessione. In altri studi presenti nella letteratura internazionale: l'attività del quadricipite rimane equamente costante oltre 80-90° di flessione del ginocchio. Secondo altri autori,^{28,29,30}

invece, il picco di forza del quadricipite, valutato EMG durante lo squat, si verifica vicino alla massima flessione del ginocchio, o meglio, all'inizio dell'ascesa. I valori del picco dei flessori EMG durante lo squat avviene, approssimativamente intorno a 1/3 della strada dall'inizio dell'ascesa (verso 60°KA) Sempre .Escamilla⁴² riporta che i vasti mediale e laterale nella prima fase della flessione producono un'attività muscolare maggiore del 40-50% rispetto al retto femorale. L'attività più bassa che è osservata nel retto femorale, comparata coi vasti mediale e laterale, potrebbe essere dovuta, probabilmente, alla sua funzione biarticolare (come flessore dell'anca ed estensore del ginocchio.)

Il retto femorale probabilmente è più efficace come estensore del ginocchio durante lo squat dinamico quando il tronco è dritto perché è in una posizione allungata in confronto con quando il tronco con una flessione dell'anca è inclinato in avanti.^{28,29,30} L'attività degli ischio crurali, secondo alcuni autori, è più alta durante la fase concentrica dello squat con una maggior attività dei muscoli della loggia laterale rispetto a quelli della loggia mediale. I flessori esprimono più forza a 60° durante la risalita dello squat, per attenuare e compensare la forza generata dal grande gluteo^{28,29,30}

L'attivazione simultanea del quadricipite e degli ischio crurali si riduce se lo squat è effettuato con la schiena appoggiata alla parete per effettuare degli scivolamenti "wall sliding" con il quadricipite più attivo degli ischio crurali⁴⁶. In questo caso la co - contrazione degli ischio crurali può perdere d'efficacia. Quindi gli esercizi in catena cinetica chiusa, con il contemporaneo coinvolgimento dell'articolazione dell'anca, ginocchio e piede, riducono notevolmente, le forze di traslazione dirette anteriormente e contemporaneamente lo stress tensionale sul lca o sul neo legamento.^{43,45,,47}

Già nel 1991 Pope MH⁴⁴ studiò in vivo lo stiramento sul legamento crociato anteriore ed il carico al ginocchio durante due esercizi in catena cinetica chiusa : Squat e squat con " sport cord" (tubolare elastico)

La correlazione dello stress a 10° di flessione era :

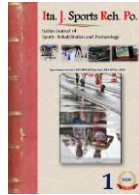
a) squat libero del 2%

b) squat con sport cord 1% °.⁴⁴

Da qui l'indicazione terapeutica che esercizi con tubing elastico, utilizzato in Catena cinetica chiusa possa essere inserito nei protocolli di riabilitazione atti a minimizzare le forze di taglio femoro tibiali e decrementare lo stress sul Legamento crociato anteriore.

Le forze espresse da questi materiali elastici, non sono state quantificate, esaustivamente, oggi, nei pochi lavori presenti in letteratura Il terapeuta, si trova spesso a non poter stimare, con certezza, la forza espressa sia dall'atleta che dall' elastico durante i diversificati esercizi.²⁵

Un lavoro di Page, del 2000, pubblicato sull'autorevole JOST, ha studiato la resistenza di 7 colori (yellow, red, green, blue, black, silver, gold) di Thera band elastic Band, (The Hygenic Corporation, Akron, OH); e determinato la relazione tra resistenza ed percentuale elongazione. (tavola 6)



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

Si evidenziava una Equazione di regressione per ciascun colore (tabella 3,4,5,). C'era una forte relazione lineare ($p < .000$) tra la resistenza e l'allungamento percentuale per ciascuna delle 7 intensità Thera-Band®

467

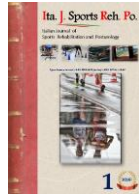
| <i>Band color</i> | <i>Regression equation</i> | <i>R²</i> | <i>p <</i> |
|-------------------|----------------------------|----------------------|---------------|
| <i>Yellow</i> | $R = 0.788 + .0202(E)$ | .973 | .000 |
| <i>Red</i> | $R = 1.367 + .0229(E)$ | .947 | .000 |
| <i>Green</i> | $R = 1.525 + .0325(E)$ | .981 | .000 |
| <i>Blue</i> | $R = 2.323 + .0443(E)$ | .981 | .000 |
| <i>Black</i> | $R = 3.223 + .0587(E)$ | .981 | .000 |
| <i>Silver</i> | $R = 4.053 + .0856(E)$ | .987 | .000 |
| <i>Gold</i> | $R = 6.882 + .1350(E)$ | .988 | .000 |

R=resistance in pounds; E=percent elongation from initial length

Tavola 3 : Regression Equations for Thera-Band® elastic bands (Data from Page et al. 2000. JOSPT 30(1):A47-8.)⁴⁸

| Force-Elongation | |
|--|--|
| Elastic resistance is based on percent elongation | |
| % = [(final - resting) / (resting)] * 100 | |
| 1 meter | |
| 2 meters | |
| | |

Tavola 4 : Force-Elongation (Page et al. JOSPT 30(1):2000;)⁴⁸



| | Yellow | Red | Green | Blue | Black | Silver | Gold |
|------|--------|-----|-------|------|-------|--------|------|
| 25% | 1.1 | 1.5 | 2 | 2.8 | 3.6 | 5 | 7.9 |
| 50% | 1.8 | 2.6 | 3.2 | 4.6 | 6.3 | 8.5 | 13.9 |
| 75% | 2.4 | 3.3 | 4.2 | 5.9 | 8.1 | 11.1 | 18.1 |
| 100% | 2.9 | 3.9 | 5 | 7.1 | 9.7 | 13.2 | 21.6 |
| 125% | 3.4 | 4.4 | 5.7 | 8.1 | 11 | 15.2 | 24.6 |
| 150% | 3.9 | 4.9 | 6.5 | 9.1 | 12.3 | 17.1 | 27.5 |
| 175% | 4.3 | 5.4 | 7.2 | 10.1 | 13.5 | 18.9 | 30.3 |
| 200% | 4.8 | 5.9 | 7.9 | 11.1 | 14.8 | 21 | 33.4 |
| 225% | 5.3 | 6.4 | 8.8 | 12.1 | 16.2 | 23 | 36.6 |
| 250% | 5.8 | 7 | 9.6 | 13.3 | 17.6 | 25.3 | 40.1 |

Tavola 5 . Resistance in Pounds of Thera-Band® Resistance Based on Percent Elongation (Data from Page et al. 2000. JOSPT 30(1):A47-8.)⁴⁸

Thera-Band Force-Elongation

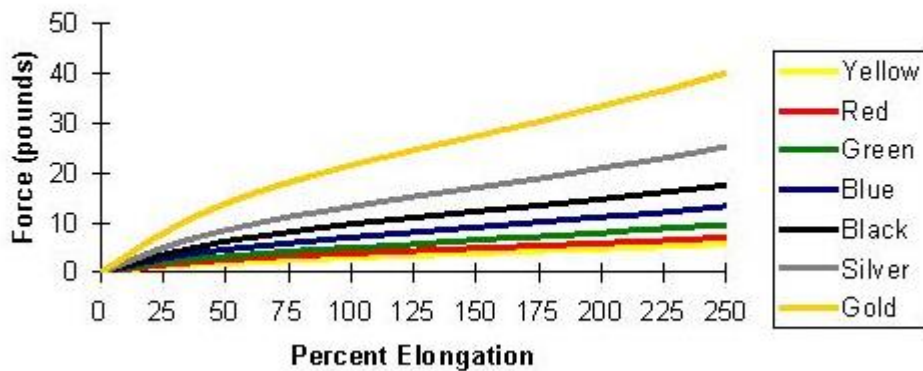
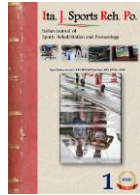


Tavola 6 . Force – elongation curve for thera – Band resistive bands (Data from Page et al. 2000. JOSPT 30(1):A47-8.)⁴⁸



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

Patterson ⁵ per esempio, mette in evidenza come ci siano sostanziali differenze nella forza generata dal tubing se il materiale elastico, nuovo, di qualsiasi "colore", sia "pre stirato" prima dell'uso. L'autore afferma che un "elastic tubing" nuovo, mai usato, deve essere pre -stirato 20 volte, prima che le proprietà elastiche possono essere stabilizzate, ed esprimere, così, valori di forza costanti durante gli esercizi.

Thomas M ^{37,39} sottolinea come non è facile stabilire le forze tensionali degli elastic tubing visto spesso la diversità dei materiali utilizzati.

Colado JC ³² sottolinea come un allenamento indirizzato verso una "resistance" con macchine di muscolazione o pesi liberi risulta equivalente a lavori con Elastic tubing. I risultati si correlano con equivalenti miglioramenti nella forza isometrica³²

Emerge dalla letteratura, che la forza generata dal materiale elastico, è ripetibile, per almeno 5,700 cicli, senza che questa subisca dei decrementi ⁵. La differenza nella forza massima espressa, prima e dopo il pre - stiramento, è evidenziabile orientativamente in 0.98 N .

Praticamente è possibile affermare che 10 ripetizioni per 4 diversi esercizi 3 volte al giorno per 6 settimane con lo stesso elastic tubing permettono di effettuare oltre 5,400 cicli. Questo fa sì che lo stesso pezzo di tubing possa essere utilizzato per circa 6 settimane prima di avere bisogno, potenzialmente, di un nuovo elastic tubing.

E' anche evidenziabile dalla letteratura scientifica che ci sono delle differenze nella forza generata dall'elastico, quando il materiale è attivato durante un esercizio concentrico (fase di allungamento dell'elastico) o eccentrico (fase di ritorno dell'elastico alla sua lunghezza originaria)

⁵ La forza "prodotta" dall'elastico è più elevata durante la fase attiva, concentrica, che durante la fase negativa, eccentrica, con una differenza esprimibile in circa 9.3 N per il colore argento, 4.23 N per il colore nero, 1.25 N per il colore verde, e 2.72 N per il tubing blu.

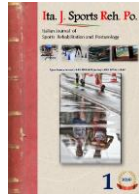
Nella fase post ricostruttiva del legamento crociato anteriore, cioè durante il processo di recupero funzionale, gli esercizi in catena cinetica chiusa sono utilizzati da terapisti e preparatori fisici come mezzo per il potenziamento muscolare.^{23,43} e ristabilire le giuste asimmetrie di forza condizione ideale per programmare il ritorno allo sport ¹⁸

Diventa chiaro come la co-contrazione quadricipite/ischiocrurali/gastrocnemio che si verifica, durante la fase Knee Extension (KE) dello squat svolge un ruolo importante per ottimizzare la stabilità anteriore-posteriore del ginocchio. La contrazione simultanea di questi gruppi muscolari, risulta essere un fattore importante nel minimizzare gli stress sul legamento crociato anteriore.⁴⁵

Così Roewer ³⁶ ha evidenziato come dopo sei mesi dalla ricostruzione del LCA i pazienti presentino posturali asimmetrici pattern di movimento nel gait patterns nonostante ripristino della simmetria side to side della forza quadricipitale. Alla luce di questo lavoro così possiamo sottolineare che alterazioni posturali del movimento, persistono oltre i 6 mesi dalla chirurgia ¹⁸ non vengono risolti esclusivamente appianando i deficit di forza del quadricipite^{27,29,38}

In contrapposizione Thomas AC³⁷ sottolinea come La "debolezza di muscolo quadricipite" ed è associato con un decremento della velocità del gait e della Postural Balance ³⁷

Esercizi che prevedono una contrazione simultanea dei flessori ed estensori del ginocchio sono indicati nelle varie fasi della riabilitazione delle patologie del ginocchio. Quindi lo studio di Hopkins mostra che esercizi con flexcord incrementano l'attività EMG del vasto laterale, vasto mediale e del bicipite femorale favorendo una maggiore azione stabilizzatrice sul ginocchio.



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

470

Jakobsen ³³ in uno studio recente (2014) sull'attività EMG del Bicipite femorale e del semitendinoso durante hamstring curls exercise eseguito, durante il processo riabilitativo, sia elastic tubing TheraBand e che con leg curl (Technogym macchine), ha evidenziato come attività di picco simile, negli ischio crurali risulti simile utilizzando indifferentemente i due esercizi ³³

Si può affermare come Esercizi a catena aperta generalmente sono meglio tollerati in riabilitazione Anteriore) quando gli esercizi in esercizi a catena chiusa come uno Squat Half Squat, leg Press non sono ancora prescrivibili .

Jakobsen MD⁴⁰ in uno studio del 2012, ha correlato l'attività EMG tra due esercizi , leg extension a) leg extension machine e leg extension elastic tubing.

L'autore mette in evidenza come non c'erano non c'erano differenze significative nell' attività EMG del retto femorale (RF), Vasto alterale (VL), vasto mediale (VM) durante la fase di contrazione concentrica.

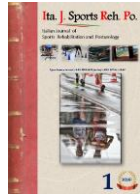
Tuttavia, durante la fase eccentrica, picco EMG era significativamente più alto nel retto femorale RF e Vasto Mediale quando l'esercizio era eseguito alla leg extension machine .



Figura 2. Esercizio in Catena Cinetica Aperta , alla leg extension

E' utile sottolineare come Nonostante orientamenti contraddittori riguardo gli stress provocati sull'articolazione patello femorale dagli esercizi di estensione del ginocchio in catena cinetica aperta ⁴¹

Studi hanno dimostrato che protocolli in "open-chain Exercises" sono efficaci e sicuro vicino alla estensione completa del ginocchio ⁴²di conseguenza, sono state osservate una maggiore quadricipite attività muscolare durante esercizi in modalità leg extension con elastic tubing



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016.030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

rispetto alla leg extension machine (Figura 2) per cui possono essere particolarmente utili per la riabilitazione in alcune patologie del ginocchio dove sono stati osservati deficit di forza presenti durante angoli vicini alla completa estensione del ginocchio^{38,40}

Risulta chiaro che esercizi effettuati con la flexcord in catena cinetica chiusa, possono essere usati, efficacemente, durante fasi avanzate della riabilitazione post ricostruzione del legamento crociato anteriore. Tutto ciò è in relazione all'incremento della attività stabilizzatrice agonisti/antagonisti del ginocchio, conseguenziale ad una maggiore co -contrazione quadricipite/ischio crurali.

Gli alti livelli di attività del vasto mediale durante flexcord front pull suggeriscono che questo modello di esercizio può essere utilizzabile, senza "stressare l'articolazione" del ginocchio, con estremo interesse applicativo nella riabilitazione e nelle attività di "mantenimento" delle patologie a carico dell'articolazione patello – femorale.

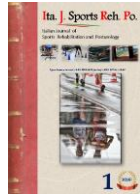
Possiamo evidenziare che tramite esercizi tradizionali diventa difficile riorganizzare il training sulla forza senza stressare l'articolazione del ginocchio e senza incrementare le forze compressive femoro rotulee o, se parliamo di ricostruzione del LCA, senza incrementare le forze di taglio femoro-tibiali^{7,8}

Conclusioni

In questo studio abbiamo voluto valutare, attraverso una revisione della letteratura, l'efficacia dell'elastic tubing nella pratica riabilitativa, Così possiamo affermare, confortati dagli studi da noi valutati che nella clinica riabilitativa e nell'attività di ricondizionamento l'utilizzo dell'esercizio contro resistenza si correla con un impegno muscolare che va a stimolare una sufficientemente co c-ontrazione quadricipite /ischio crurali che stabilizza l'articolazione del ginocchio durante gli esercizi in catena cinetica chiusa.

Così possiamo affermare come una migliore attività degli ischio crurali, decrementa le "anterior shear forces" femoro – tibiale provocate dalla contrazione isolata del quadricipite .

Non bisogna dimenticare però che spesso l'utilizzo dell'elastic tubing è guidato solamente da sensazioni personali. Pertanto si rendono necessari ulteriori studi affinché si possa arrivare ad un utilizzo basato sull'evidenza scientifica (EBM) dell'esercizio contro resistenza elastico in tutte le sue diversificate forme applicative terapeutiche e di training.



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

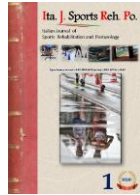
Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

References

472

1. Mikesky AE, Topp R, Wigglesworth JK, et al. Efficacy of a home-based training program for older adults using elastic tubing. *Eur J Appl Physiol.* 1994; 69:316–320.
2. Bang MD, Deyle GD. Comparison of supervised exercise with and without manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000; 30:126–137.
3. Hertling D, Kessler RM. The shoulder and shoulder girdle. In: Hertling D, Kessler RM, eds. *Management of Common Musculoskeletal Disorders: Physical Therapy Principles and Methods.* 3rd ed. Philadelphia, Pa: Lippincott;1996 :186.
4. Fess EE, Phillips CA. *Hand Splinting Principles and Methods.* St Louis, Mo: CV Mosby Co,1987 :163–187. Schultz-Johnson K. Splinting: a problem-solving approach. In: Stanley BA, Tribuzi SM, eds. *Concepts in Hand Rehabilitation.* Philadelphia, Pa: FA Davis Co;1992 :238–271.
5. Rita M Patterson, Caroline W Stegink Jansen, Harry A Hogan and Michael D Nassif Material Properties of Thera-Band Tubing *PHYS THER* Vol. 81, No. 8, August 2001, pp. 1437-1445
6. J. Ty Hopkins, An Electromyographic Comparison of 4 Closed Chain Exercises, *Journal of Athletic Training* 1999;34(4):353-357
7. Zimmermann CL, Cook TM, Bravard MS, et al. Effects of stair-stepping exercise direction and cadence on EMG activity of selected lower extremity muscle groups. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19: 173-180.
8. [Cook T, Zimmermann C, Lux K, Neubrand C, Nicholson T. EMG comparison of lateral step-up and stepping machine exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1992;16:108-112.]
9. Chu DA. Rehabilitation of the lower extremity. *Clin Sports Med.* 1995;14:205-222,
10. Shelbourne KD, Klootwyk TE, Wilckens JH, DeCarlo MS. Ligament stability two to six years after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft and participation in accelerated rehabilitation program. *Am J Sports Med.* 1995;23:575-579.
11. Graham VL, Gehlsen GM, Edwards JA. Electromyographic evaluation of closed and open kinetic chain knee rehabilitation exercises. *J Athl Train.* 1993;28:23-30.
12. Lutz GE, Palmitier RA, An KN, Chao EYS. Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75:732-739. Ohkoshi Y, Yasuda K, Kaneda K, Wada T, Yamanaka M. Biomechanical analysis of rehabilitation in the standing position. *Am J Sports Med.* 1991;19:605-61 1.



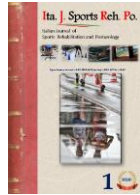
R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

13. Shane S. Schulthies, An Electromyographic Investigation of 4 Elastic-Tubing Closed Kinetic Chain Exercises After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Journal of Athletic Training 1998;33(4):328-335
14. Cook T, Zimmermann C, Lux K, Neubrand C, Nicholson T. EMG comparison of lateral step-up and stepping machine exercise. J OrthopSports Phys Ther. 1992;16:108-112.
15. Brask B, Lueke RH, Soderberg GL. Electromyographic analysis of selected muscles during the lateral step-up exercise. Phys Ther. 1984;64: 324-329.
16. Gryzlo SM, Patek RM, Pink M, Perry J. Electromyographic analysis of knee rehabilitation exercises. J Orthop Sports Phys Ther. 1994;20:36-43.
17. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. Am J Sports Med. 1988;16:113-132.
18. Gardiner ES Knee contact force asymmetries in patients who failed return-to-sport readiness criteria 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 2014 Dec;42(12):2917-25. doi: 10.1177/0363546514552184. Epub 2014 Oct 15.
19. Yasuda K, Sasaki T. Exercise after cruciate ligament reconstruction: the force exerted on the tibia by the separate isometric contractions of the quadriceps or the hamstrings. Clin Orthop. 1987;220:275-283.
20. Malone T, Garrett W. Commentary and historical perspective of anterior cruciate ligament rehabilitation. J Orthop Sports Phys Ther. 1992;15:265- 269.
21. Bachler L Schulthies S, Myrer J, Durrant E, Fellingham G. An EMG Study of Four Elastic Tubing Closed Kinetic Chain Exercises: A Preliminary Study [master's thesis]. Provo, UT: Brigham Young University; 1994.)
22. Graham V, Gehlsen G, Edwards J. Electromyographic evaluation of closed and open kinetic chain knee rehabilitation exercises. J Athl Train. 1993;28:23-30.
23. Bynum EB Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study. Am J Sports Med 1995 Jul-Aug;23(4):401-6.
24. Mangine R, Noyes F. Rehabilitation of the allograft reconstruction. J Orthop Sports Phys Ther. 1992;15:294-302.
25. Santos G. Mechanical evaluation of the resistance of elastic bands Rev. bras. fisioter. vol.13 no.6 São Carlos Nov./Dec. 2009
26. Phil Page, Thera-Band Tubing Phys Ther Vol. 82, No. 2, February 2002, pp. 191-193



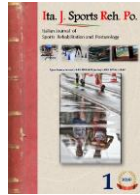
R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

27. Manzi V. D' Onofrio R. Padua E: Annino G: and D'Ottavio S. Analisi dei disordini di forza legati al rapporto quadricipite ischio crurali negli atleti top level Coaching & Sport Science Journal volume 2 numero 2-3 pag. 3-10 2006 pubblicato Marzo Aprile 2008
28. D'Onofrio, R. D'Ottavio S. Manzi V., Pintus A. Riorganizzazione del ritorno allo sport : un'analisi critica . Notiziario del settore tecnico FIGC ,6- 2007; 28 - 37
29. D'Onofrio R. ,Manzi V. D'Ottavio S,Annino G,Colli R, Pintus A. Analisi Biomeccanica degli esercizi di squat e leg press. Una review della letteratura Teknosport, 7;27:maggio-giugno 2003;14-24
30. D'Onofrio R. Manzi V.,Colli R.,D'Ottavio S. Pintus A Un legamento da proteggere Analisi dei rischi connessi alle manovre di crossover e sidestep cutting e proposta di un protocollo di esercizi propriocettivi nella prevenzione delle lesioni del lca nella pallacanestro femminile sulla base della letteratura internazionale Sport&medicina ;21,2, 37 –46, 2004
31. Simoneau GG, Bereda SM, Sobush DC, Starky AJ. Biomechanics of elastic resistance in therapeutic exercise programs. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001; 31:16–24
32. Colado JC, Garcia-Masso X, Pellicer M, Alakhdar Y, Benavent J, Cabeza-Ruiz R. A comparison of elastic tubing and isotonic resistance exercises. *Int J Sports Med.* 2010 Nov;31(11):810-7. doi: 10.1055/s-0030-1262808. Epub 2010
33. Aug 11. Jakobsen MD Effectiveness of hamstring knee rehabilitation exercise performed in training machine vs. elastic resistance: electromyography evaluation study. *Am J Phys Med Am Rehabil* 2014 Apr;93(4):320-7.
34. Blackburn JT Sagittal-plane trunk position, landing forces, and quadriceps electromyographic activity. *J Athl Train* 2009 Mar-Apr;44(2):174-9. doi: 10.4085/1062-6050-44.2.174
35. Eitzen TJ, Holm I, Snyder-Mackler L, Risberg MA. Anterior cruciate ligament-deficient potential copers and noncopers reveal different isokinetic quadriceps strength profiles in the early stage after injury. *Am J Sports Med.* 2010;38(3):586–593.
36. Roewer BD Quadriceps strength and weight acceptance strategies continue to improve two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Biomech* 2011 Jul 7;44(10):1948-53
37. Thomas AC, Stevens-Lapsley JE. Importance of attenuating quadriceps activation deficits after total knee arthroplasty. *Exerc Sport Sci Rev.* 2012;40(2):95–101.
38. Eitzen I, Eitzen TJ, Holm I, Snyder-Mackler L, Risberg MA. Anterior cruciate ligament-deficient potential copers and noncopers reveal different isokinetic quadriceps strength profiles in the early stage after injury. *Am J Sports Med.* 2010;38(3):586–593.
39. Thomas M Quantification of tension in Thera-Band and Cando tubing at different strains and starting lengths. *J Sports Med Phys Fitness* 2005 Jun;45(2):188-98.
40. Jakobsen MD Muscle activity during knee-extension strengthening exercise performed with elastic tubing and isotonic resistance. *Int J Sports Phys Ther* 2012 Dec;7(6):606-16



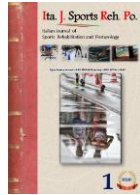
R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016.030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

41. Cohen ZA, Roglic H, Grelsamer RP, et al. Patellofemoral stresses during open and closed kinetic chain exercises. An analysis using computer simulation. Am J Sports Med. 2001;29(4):480-48
42. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. Med Sci Sports Exerc. 1998;30(4):556-569
43. Bynum EB Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study. Am J Sports med 1995 Jul-Aug;23(4):401-6
44. Pope MH Effect of knee musculature on anterior cruciate ligament strain in vivo. J Electromyogr Kinesiol 1991 Sep;1(3):191-8. doi: 10.1016/1050-6411(91)90034-3
45. Manzi V. D' Onofrio R. Padua E: Annino G: and D'Ottavio S. Analisi dei disordini di forza legati al rapporto quadricipite ischio crurali negli atleti top level Coaching & Sport Science Journal volume 2 numero 2-3 pag. 3-10 2006
46. Palmitier R. Scott. S. Chao EY, Kinetic Chain exercise in the Knee rehabilitation. Sports Med , 11; 202, 1991
47. Beynon BD, Fleming BC, Johnson RJ ACL strain behaviour during rehabilitation exercise in vivo Am. J. Sports Med. 23; 24, 1995
48. Page, P, Labbe, A, Topp RV. HealthSouth, Metairie, LA. .Clinical Force Production of Thera band® Elastic Bandas Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy. 2000. 30(1): A-47-48



R. D'Onofrio, M. Armeni

Esercizio con Elastic-tubing, correlazioni con l'attività EMG dei muscoli quadricipite ed ischio crurali in catena cinetica chiusa. Una revisione della letteratura: 1984-2015.

Ita J Sports Reh Po 2016; 3; 1 ; 459 - 476 ; doi 10.17385/ItaJSRP.016. 030102

ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55

476

